

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Departamento de Ambiente y Desarrollo

Ingeniería en Ambiente y Desarrollo



Proyecto Especial de Graduación

**Revisión de literatura sobre sostenibilidad de sistemas agroforestales
en cacao**

Estudiante

Jorge Arturo Cedeño Peña

Asesores

Marco Granadino, M.Sc.

Juan Carlos Flores, Ph.D.

Bernardo Trejos, Ph.D.

Honduras, octubre 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER

Vicepresidenta y Decana Académica

ERIKA TENORIO MONCADA

Directora del Departamento Ambiente y Desarrollo

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Resumen	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
Metodología.....	12
Revisión de Literatura de las BPA y Sistemas Agroforestales	12
Propuesta de Cacao con Sistemas Agroforestales.....	18
Discusión y Resultados.....	19
Labranza de Suelo	19
Labranza Convencional	19
Labranza de Conservación	20
Fertilización	21
Fertilización Química.....	22
Fertilización Orgánica.....	22
Variedades	23
Cacao Nacional.....	23
Cacao CCN-51.....	24
Control de Enfermedades	25
Fungicidas Químicos	25
Fungicidas Orgánicos	25
Control de Malezas	26
Herbicidas Inorgánicos.....	26
Herbicidas Orgánicos	27
Riego	28

	4
Aspersión	28
Microaspersión	28
Goteo	29
Especie Forestal	30
Madero Negro.....	30
Caoba	30
Cedro.....	30
Cosecha	31
Manual	32
Mecanizada	32
Propuesta de Cacao con Sistemas Agroforestales.....	33
Conclusiones	34
Recomendaciones.....	35
Referencias.....	36

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y términos de búsqueda utilizados para el sistema agroforestal de cacao en Guayas, Ecuador.....	12
Cuadro 2 Resumen de actividad, dominio, indicador y parámetro evaluado.	12
Cuadro 3 Evaluación de la eficacia de dos tipos de preparación de suelo para un sistema agroforestal de cacao	17
Cuadro 4 Evaluación de la eficacia de dos tipos de fertilización para un sistema agroforestal de cacao.	19
Cuadro 5 Evaluación de la eficacia de dos tipos de variedades de cacao para un sistema agroforestal de cacao	20
Cuadro 6 Evaluación de la eficacia de dos formas de control de enfermedades para un sistema agroforestal de cacao.....	22
Cuadro 7 Evaluación de la eficacia de dos formas de control de malezas para un sistema agroforestal de cacao	24
Cuadro 8 Evaluación de la eficacia de dos formas de control químico para un sistema agroforestal de cacao	24
Cuadro 9 Evaluación de la eficacia de tres tipos de riego para un sistema agroforestal de cacao	26
Cuadro 10 Evaluación de la eficacia de tres tipos de especies forestales para un sistema agroforestal de cacao	28
Cuadro 11 Evaluación de la eficacia de dos formas de cosecha para un sistema agroforestal de cacao	29
Cuadro 12 Propuesta de producción sostenible de cacao con BPA y sistemas agroforestales.....	29

Resumen

Los sistemas agroforestales consisten en la combinación de un cultivo agrícola con una especie forestal. Adicionalmente, se pueden incorporar al sistema buenas prácticas agrícolas (BPA) que son normas y recomendaciones técnicas aplicadas a los métodos de producción con el fin de proteger la salud de las personas y el medio ambiente. Los objetivos de la presente revisión literaria fueron comparar las buenas prácticas agrícolas en sistemas agroforestales para obtener las actividades más sostenibles y proponer una producción de cacao a través de la utilización de BPA con prácticas agroforestales. Después, se realizó la búsqueda de referencias sobre buenas prácticas agrícolas (BPA) y sistemas agroforestales con cacao en portales académicos: "Google" académico, "sciELO", "Dialnet" y páginas "web". Posteriormente, se utilizó esta información para comparar las actividades de producción por medio de los dominios económico, social y ambiental con sus respectivos parámetros e indicadores, en donde se obtuvieron las prácticas más sostenibles. Luego, se tomaron estas para la elaboración de la propuesta de producción de cacao agroforestal. A través de esta revisión, se determinó que las prácticas más sostenibles fueron labranza de conservación, fertilización orgánica, variedad de cacao nacional, fungicidas orgánicos, herbicidas orgánicos, riego por aspersión, variedad de cedro y cosecha manual. Este análisis fue realizado con base en una producción a gran escala, es decir, de 30 ha en adelante.

Palabras clave: Agroforestería, buenas prácticas agrícolas, dominio, indicador, sistemas agroforestales, sostenibilidad.

Abstract

Agroforestry systems consist of combining an agricultural crop with a forest species. In addition, good agricultural practices (GAP), which are standards and technical recommendations applied to production methods to protect human health and the environment, can be incorporated into the system. The objectives of this literature review were to compare good agricultural practices in agroforestry systems to obtain the most sustainable activities and to propose cocoa production through the use of GAP with agroforestry practices. Then, a search for references on good agricultural practices (GAP) and agroforestry systems with cocoa was carried out in academic portals: academic "Google", "sciELO", "Dialnet" and "web" pages. Subsequently, this information was used to compare production activities through the economic, social and environmental domains with their respective parameters and indicators, where the most sustainable practices were obtained. These were then used to develop the agroforestry cocoa production proposal. Through this review, it was determined that the most sustainable activities were conservation tillage, organic fertilization, national cocoa variety, organic fungicides, organic herbicides, spray irrigation, cedar variety and manual harvesting. This analysis was conducted on the basis of large-scale production, i.e., 30 ha and above.

Keywords: Domain, indicator, parameter, agroforestry, GAP, sustainable.

Introducción

Los sistemas agroforestales son sistemas dónde se siembra especies de árboles perennes en conjunto con cultivos agrícolas y se generan interacciones biológicas y ecológicas (Espinoza-Domínguez et al., 2012). Su importancia radica como alternativa para la captura de carbono, incrementar la producción de los sistemas agrícolas, reducir insumos, costos de producción y diversificación (Casanova-Lugo et al., 2011).

La agroforestería se practica en varios países de América Latina, ya que brinda condiciones óptimas para el desarrollo de especies forestales y agrícolas (Sánchez et al., 2016). Cabe recalcar que la producción con sistemas agroforestales se realiza mayormente con cultivos como café y cacao y se practica en países como Perú, Colombia y Ecuador (Mosquera-Losada et al., 2015).

Por otro lado, se encuentran las buenas prácticas agrícolas (BPA), que son normas y recomendaciones técnicas aplicadas a los métodos de producción con el fin de proteger el medio ambiente y la salud de las personas (Reascos Pardo y Castillo Criollo). Su importancia radica en proveer alimentos saludables y libres de riesgos. Así mismo, puede ser de ayuda para ingresar a los mercados externos (Siller-Cepeda, 2002). Por lo tanto, estas prácticas son recomendables en la producción de cacao.

En Ecuador, el sector cacaotero representa aproximadamente el 2% del Producto Interno Bruto (PIB), en donde se exportan 7,150 qq y se generan USD 858,000 en ingresos anuales. También, existe un 40% de generación de empleo en el sector agrícola (León-Villamar et al., 2016). Sin embargo, se pierde de un 20 – 30% de productividad debido a factores externos como enfermedades y pérdida de suelo. Por otro lado, afecta al medio ambiente por el uso de agroquímicos (Sandoval et al., 2020). Considerando esto, es un problema para el desarrollo económico y ambiental para los productores de cacao. Por lo tanto, se necesita la implementación de nuevas formas de producción que aumenten la productividad. De esta manera, mejorando los beneficios económicos y ambientales (Rodríguez, 2017).

Una de las principales enfermedades que afecta a la planta de cacao es la producida por el hongo *Moniliophthora perniciosa*, conocida comúnmente escoba de bruja. Esta enfermedad afecta todos los órganos de crecimiento activo, como brotes tiernos, yemas florales y frutos jóvenes. Por ende, produce hipertrofia y crecimientos anormales causados por un desbalance hormonal inducido; provocando daños en una plantación de cacao hasta en un 76.8% (Larrea, 2008). Otra de las enfermedades que afecta al cultivo es la denominada *Moniliophthora roreri*. Esta enfermedad provoca pudrición de la raíz del cacao y puede generar pérdidas de hasta un 90% de la producción (Lozada et al., 2012)

Por otra parte, el uso intensivo de fungicidas para el control de estas enfermedades que afectan al cacao funciona a corto plazo, dejando problemas en el tiempo. Esto se debe a que, con cada aplicación, los ingredientes activos de estos productos se acumulan en el sistema, tardando años en degradarse, aunque el producto deje de usarse (Noguera et al., 2010). Por sus características de persistencia o las de sus productos de transformación, isómeros o impurezas; resultan en contaminación de los suelos, sedimentos y mantos freáticos (Terrero et al., 2018).

Los productores de cacao basan su modelo de producción a gran escala en sistemas extensivos. Así mismo, buscan obtener una maximización de los rendimientos a corto plazo. No obstante, esto solo ha traído como consecuencia la erosión de suelo y, por lo tanto, las plantas de cacao no disponen de las condiciones de nutrientes y humedad para su óptimo desarrollo, alcanzando pérdidas de hasta el 82% de la producción por sequía (Veloz-Cordero y Parada-Gutiérrez, 2021).

La propuesta de uso de sistemas agroforestales se presenta como método alternativo de la producción de cacao convencional. Esto debido a que estos sistemas presentan una mayor producción, mejor calidad, menores costos y utilizan técnicas que preservan el medio ambiente (Jadán et al., 2015). A diferencia de la producción convencional, estos permiten obtener una producción sostenible, considerando su multifuncionalidad, mediante tecnologías de uso de la tierra en los que se combinan deliberadamente plantas leñosas perennes con cultivos agrícolas o animales en la misma

parcela de tierra (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2022).

En relación al concepto de sostenibilidad, este consiste en satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las del futuro, logrando un equilibrio económico, social y ambiental (Castelo, 2008). De éstas, se desprenden los tres dominios de la sostenibilidad, la cual se puede medir a través de parámetros e indicadores. Con estos, se puede construir una evaluación de prácticas agronómicas (actividad), donde las dimensiones son las características subdivididas de la variable. Un parámetro es un elemento de un sistema que permite clasificar y evaluar sus características y un indicador es la propiedad de la variable susceptible de ser medida (Fernandes et al., 2014).

Los productores de cacao destinan gran parte de su producción para la exportación. Por lo tanto, deben de cumplir con las exigencias de calidad del producto y aspectos de conservación del ambiente que permiten un mejor posicionamiento del producto en el mercado. De esta manera, se busca implementar Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), las cuales consisten en utilizar los recursos básicos por medio del conocimiento técnico para la producción (Botero y Busso, 2020). De esta manera, se busca proteger la salud del productor, trabajadores y consumidor final. En tal sentido, la utilización de BPA, en conjunto con los sistemas agroforestales, proporciona acciones que potencian los procesos productivos de los sistemas de cacao (Moreira, 2015).

Cabe mencionar que las principales prácticas (actividades) para producir cacao que fueron seleccionadas para realizar la comparación en términos de sostenibilidad son preparación de suelo, ya que facilita la absorción de nutrientes y desarrollo de las raíces para que crezca el cultivo (Schnitzer Chauvaud, 2011). La fertilización mejora las características del suelo y permite obtener un mayor rendimiento del cacao. La variedad de este se considera muy importante, ya que definirá la calidad del producto (Sosa Rodrigues et al., 2019). El control de enfermedades mantiene en salud óptima la planta. Para el control de malezas se realiza, con el fin de evitar que crezcan otro tipo de plantas que puedan hacer competencia de nutrientes (Morán Lozano, 2020). También, se tomó en cuenta el riego,

porque provee agua para mantener las funciones del cacao. Adicionalmente, definir la especie forestal es fundamental para la provisión de servicios ecosistémicos, que se encargan de mejorar la producción del cultivo (Corral Rivas et al., 2019). Por último, la cosecha es importante, por el hecho de que es la obtención del fruto para consumo y venta (Rosati, 2018).

Los objetivos de la presente revisión literaria son comparar las buenas prácticas agrícolas para la producción de cacao bajo criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica y proponer la aplicación de las mejores prácticas identificadas en la producción de cacao bajo sistemas agroforestales.

Metodología

Revisión de Literatura de las BPA y Sistemas Agroforestales

La presente investigación inició con la búsqueda de información en artículos científicos provenientes de “Google” académico, “sciELO”, “Dialnet” y “World Wide Science”. También, se revisaron en páginas web como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Instituto Interamericano para la Cooperación para la Agricultura (IICA), Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) y portales web con información sobre las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en las siguientes actividades: preparación o labranza de suelo, fertilización, variedades del cacao, control de plagas y enfermedades, control de malezas, riego, especie forestal, podas y cosecha. En el Cuadro 1 se detalla cada una de las BPA y términos de búsqueda utilizados.

Cuadro 1

Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y términos de búsqueda utilizados para el sistema agroforestal de cacao en Guayas, Ecuador.

BPA	Términos de búsqueda	Número de artículos encontrados
Labranza de suelo	Preparación de suelo, labranza de suelo y tipos de labranza	20
Fertilización	¿Qué es fertilización?, tipos de fertilización, formas de fertilización	14
Variedades del cacao	¿Qué son variedades? y cuáles son las variedades más producidas, variedades más utilizadas en Ecuador	14
Control de enfermedades	Enfermedades, cuáles son las más comunes y formas de control	12
Control de malezas	¿Qué son malezas? y formas de controlarlas	12
Riego	¿Qué es el riego? y tipos de riego	13
Especie arbórea	¿Qué es una variedad forestal? y tipos	12
Cosecha	¿Qué es una cosecha? y formas de realizarla	10
TOTAL		95

Comparación de las BPA y Sistemas Agroforestales

Luego de realizar la búsqueda de literatura, se procedió a redactar la información encontrada de BPA para cada una de las prácticas, la cual fue utilizada como referencia para determinar parámetros ambientales asociados con el cambio climático, a excepción de conductividad eléctrica del

suelo e indicadores de evaluación para los dominios económico, ambiental, social. Esto permitió comparar cada una en el sistema agroforestal de cacao. La valoración y asignación de puntaje por cada dominio con su parámetro es de un punto. En el Cuadro 2 se describe cada uno de los parámetros e indicadores de las prácticas.

Cuadro 2

Resumen de actividad, dominio, parámetro e indicador evaluado utilizado para realizar la comparación de las actividades

Actividad	Dominio	Parámetro	Indicador
Preparación de suelo	Ambiental	Emisiones de CO ₂	kg/ha/año CO ₂ eq
1. Convencional	Económico	Costo de producción	Bajo - Alto
2. Conservación	Social	Mano de obra	Mayor o menor
Fertilización	Ambiental	Emisiones de CO ₂	kgCO ₂ /kg fertilizan
1. Química	Económico	Costo de producción	Bajo – alto
2. Orgánica	Social	Riesgo a la salud	Sí/No
Variedades	Ambiental	C fijado en el suelo	t/C/ha
1. Cacao nacional	Económico	Rendimiento	t/ha
2. Cacao CCN-51	Social	Satisfacción mercado	Sí/No
Control de enfermedades			
1. Fungicidas orgánicos	Ambiental	Emisiones de CO ₂	kg CO ₂ eq/kg fungi
	Económico	Costo de producción	Bajo - alto
2. Fungicidas inorgánicos	Social	Trabajadores afectados de salud	Sí/No
Control químico malezas	Ambiental	Emisiones de CO ₂	kg CO ₂ eq/kg herb
1. Herbicidas inorgánicos	Económico	Costo	Bajo - alto
2. Herbicidas orgánicos	Social	Satisfacción del productor	Sí/No
Riego			
1. Aspersión	Ambiental	Conductividad eléctrica	mS/cm
2. Goteo	Económico	Costo	Bajo - alto
3. Microaspersión	Social	Mano de obra	Mayor o menor
Especie arbórea	Ambiental	CO ₂ fijado	t/ha
1. Cedro	Económico	Volumen de madera	m ³ /árbol
2. Madero negro	Social	Satisfacción mercado	Sí/No
3. Caoba		externo	
Sistema de cosecha	Ambiental	Emisión de CO ₂	kgCO ₂ eq/ha
1. Manual	Económico	Costo	Bajo - alto
2. Mecanizada	Social	Mano de obra	Mayor o menor

Nota. CO₂ Dióxido de Carbono y CO₂eq Dióxido de Carbono equivalente

Para evaluar la comparación de la actividad de preparación de suelo, se tomaron en cuenta dos tipos de labranza: convencional y de conservación. Luego, se analizó, para cada uno de los tipos de labranza, el dominio económico (rendimiento por hectárea), el dominio ambiental (emisiones CO₂) y el dominio social (mano de obra). De esta manera, se comparó y permitió identificar el tipo de práctica de preparación de suelo incorporado en la propuesta de cacao con sistemas agroforestales.

Se consideró el rendimiento por hectárea como parámetro para el dominio económico, ya que según Camacho-Tamayo y Rodríguez (2007) se buscó evaluar la eficiencia de los equipos (rastra, subsolador y sembradoras) en el laboreo del suelo a un menor costo. También, según Amézquita et al. (2013), una mejor preparación de suelo representa un aumento de la producción y por ende mayores ingresos para el productor. Para el dominio ambiental, las actividades se compararon según las emisiones de CO₂, como parámetro para indicar el tipo de labranza que más contribuye a la generación de gases de efecto de invernadero (Ramírez et al., 2015). La mano de obra como parámetro en el dominio social comparó la incorporación de trabajadores en el proceso de labranza, siendo mayor la generación de empleo lo deseado (Rojas Ortíz y Concha Peláez, 2015).

En el caso de la actividad de fertilización, se consideraron dos tipos: química y orgánica. Posteriormente, se analizó para cada uno de los tipos de fertilización: el dominio económico (costo de producción de elaboración del fertilizante), el dominio ambiental (emisiones de CO₂) y el dominio social (riesgo a la salud), comparando e identificando la práctica de fertilización incorporada en la propuesta de producción sostenible de cacao con sistemas agroforestales.

Para el dominio económico se tomó en cuenta el costo de producción como parámetro, según Soria et al. (2014) porque son parte fundamental de las utilidades del periodo agrícola. Para el dominio ambiental, se compararon las emisiones de CO₂ de las actividades como parámetro, considerando la importancia de conocer la huella de carbono (González-Estrada y Camacho Amador, 2017) y la comparación entre las actividades. Para el dominio social, se evaluó el riesgo a la salud de los trabajadores como parámetro de comparación, ya que los fertilizantes químicos pueden causar daños o irritación en la piel y los ojos al momento de su aplicación (Armenta-Bojórquez et al., 2012) mientras

que los orgánicos evaluados no producen estos efectos. Sin embargo, la manipulación de residuos orgánicos (excretas de animales principalmente) y el arrastre de estos, puede presentar un riesgo mayor.

Para la actividad de variedades de cacao, se incluyeron dos cultivares: cacao nacional y cacao CCN-51. En ambos casos, se analizó el dominio económico (rendimiento por hectárea), el dominio ambiental (carbono almacenado) y el dominio social (satisfacción del mercado externo). De esta manera, se comparó y se identificó la mejor variedad de cacao para cultivo.

Se tomó en cuenta la utilización del rendimiento por hectárea como parámetro en el dominio económico para la comparación de las dos variedades, porque según Portillo et al. (1995) este parámetro permite seleccionar el mejor tipo de cacao considerando la producción. Para el dominio ambiental, el carbono almacenado fue el parámetro considerado, dada su importancia en la reducción de dióxido de carbono en la atmósfera, a través del almacenamiento de este en la planta y su aporte de materia orgánica al suelo (Trelles Fernández, 2012). El mercado externo fue tomado en cuenta como parámetro para el dominio social, ya que permitió considerar la preferencia del cliente con respecto a la calidad del cacao (Timaná Lazo, 2021).

En la actividad de control de enfermedades, se consideraron los fungicidas orgánicos e inorgánicos. Después, se evaluó, para cada uno, el dominio económico (costo de producción), el dominio ambiental (emisiones CO₂) y el dominio social (trabajadores afectados). De esta forma, se comparó y se obtuvo la forma de práctica de control de enfermedades para incorporarlo en la propuesta.

Para el dominio económico se consideró el costo de producción de elaboración como parámetro para la comparación de los dos fungicidas. Mesa et al. (2019) permite conocer el valor monetario en función de la producción. Las emisiones de CO₂ fueron tomados en cuenta para el dominio ambiental, porque indica el impacto de los gases emitidos hacia el cambio climático (Enciso Maldonado et al., 2021). Para el dominio social, el riesgo a la salud de los trabajadores fue considerado como parámetro de comparación, ya que los fungicidas químicos pueden presentar síntomas de

cáncer, irritación e inflamación en las personas al momento de su aplicación (Cruz Aquino y Placencia Medina, 2019), aspecto que no se reportan en el caso de los fungicidas orgánicos.

Para la actividad de control de malezas, se tomó en cuenta dos tipos: herbicidas químicos y orgánicos. Luego, se analizó, para cada una de las formas, el dominio económico (utilizando el costo), el dominio ambiental (emisiones CO₂) y el dominio social (trabajadores afectados en salud). De esta manera, se comparó y permitió determinar la forma de acción y de aplicación de la práctica de control de malezas.

Se consideró el costo de producción de elaboración de los dos herbicidas como parámetro de comparación en el dominio económico, ya que, según Robles y La Cruz (2006) para conocer con exactitud todos los costos implicados para la elaboración y producción de los productos y poder tomar decisiones que con lleven ahorrar costos. Para el dominio ambiental, se tomó en cuenta las emisiones de CO₂, debido a que cuantifica la huella de carbono para conocer el impacto de la actividad en el ambiente (Costa et al., 1995). Los efectos en salud de los trabajadores fueron considerados como parámetro de comparación en el dominio social, ya que existen productos que pueden producir enfermedades (cáncer, leucemia, Parkinson) por exposición al producto en el tiempo (Baquero Castillo y Quiroga Moreno, 2018).

Para la actividad de riego, se consideró tres tipos que son por goteo, aspersión y microaspersión, en donde se evaluó el dominio económico (costo), el dominio ambiental (conductividad eléctrica). La conductividad eléctrica determina la salinidad que afecta al suelo, por lo tanto, influye en la capacidad de absorción de la raíz de la planta, disminuyendo su crecimiento. De esta manera, se reduce su capacidad para absorber oxígeno, no contribuyendo a mitigar el impacto ambiental (Guamán Paredes, 2007). Por otro lado, está el dominio social (mano de obra). Así, se comparó y se determinó la práctica de riego a utilizar en la propuesta.

Para el dominio económico se tomó en cuenta el costo en los tres tipos de riego como parámetro evaluado, ya que según Hernández et al. (2000) se necesita conocimiento del precio de la instalación, mantenimiento y cuidado del mismo para poder determinar la inversión. La conductividad

eléctrica fue considerada en el dominio ambiental, para determinar como la salinidad proveniente del riego afecta en la calidad del suelo, ya que esto influye en el esfuerzo que realiza la raíz de planta para su capacidad de absorber nutrientes provenientes de este recurso (Cepeda-Guzmán et al., 2014). Para el dominio social, la mano de obra fue tomada en cuenta, ya que se comparó la incorporación de trabajadores en el proceso de actividades de riego, siendo mayor la generación de empleo (Esqueda-Esquivel y Tosquy-Valle, 2013).

Para el caso de la actividad de especie forestal se tomó en cuenta el madero negro, caoba y cedro, porque son las más utilizadas en un sistema agroforestal, en donde se analizó, para cada una, el dominio económico (volumen de madera), el dominio ambiental (captura de CO₂) y el dominio social (satisfacción del mercado externo). De esta manera, se comparó y posteriormente se determinó la práctica a incorporar.

Se consideró el volumen de madera como parámetro de comparación entre los tres tipos de especies forestales en el dominio económico, porque según Pimentel Viera. (2017), reportaron la comparación en la cantidad de recurso extraído estimado para la venta. Para el dominio ambiental, la captura de CO₂ fue tomada en cuenta como objeto de comparación de las especies, considerando mejores especies aquellas con mayor capacidad de fijar carbono en sus tejidos y así contribuir de mejor manera a la mitigación de gases de efecto de invernadero (Espinoza et al., 2013). La satisfacción del mercado externo fue considerado en el dominio social, ya que la preferencia del cliente por cierto tipo de cacao permite una expansión del mercado (Anzalone y Silva, 2010) a través de nuevos clientes.

Para la actividad de cosecha, se consideraron dos tipos: manual y mecanizada. Luego, se analizó, para cada uno de los tipos de cosecha, el dominio económico (costo), el dominio ambiental (emisiones de CO₂) y el dominio social (mano de obra). De esta manera, se comparó y permitió determinar el tipo de práctica de cosecha.

Para el dominio económico se tomó en cuenta el costo de dos tipos de cosecha como parámetro de comparación, según Najul y Anzalone (2006) para poder dar mayor rentabilidad al sistema mediante la reducción de estos. Para el dominio ambiental, las emisiones de CO₂ fueron

consideradas, porque cuantifican la huella de carbono de cada actividad, permite su comparación y determina el impacto al ambiente (Rosales et al., 2019). La mano de obra fue tomada en cuenta como parámetro en el dominio social, ya que compara la incorporación de trabajadores en el proceso de la cosecha, siendo mejor para la que genera más empleo (Tercero, 2015).

Propuesta de Cacao con Sistemas Agroforestales

Por último, una vez realizada la comparación de las BPA, se utilizaron las mejores prácticas en términos de los tres dominios analizados y los parámetros correspondientes a cada uno. Se obtuvo como resultado una propuesta para una producción de cacao agroforestal.

Discusión y Resultados

Labranza de Suelo

La labranza consiste en una actividad que permite formar un suelo óptimo, para facilitar el movimiento de las raíces y, por lo tanto, que absorban mayor cantidad de nutrientes (Agronet, 2021). También tiene como objetivo aflojar al suelo con o sin volteo para que tenga una mayor capacidad de almacenamiento de agua y circulación de aire, para favorecer al cultivo en su emergencia, crecimiento y posterior producción (Toledo Choque, 2005). Sin embargo, cabe mencionar que el laboreo mecánico del suelo en aplicación excesiva provoca deformaciones de la estructura, compactación en las capas subsuperficiales y cambios en la disponibilidad de humedad en las zonas radicales (Demuner-Molina et al., 2014).

Por otra parte, la labranza del suelo tiene importantes impactos ambientales. Sin embargo, representa un porcentaje menor de los costos totales de la producción de cultivos (Alvarado-Chaves, 2006). Cuando la mecanización se realiza de manera planificada, puede ayudar a la conservación de los suelos y el medio ambiente. También, se obtiene un mayor rendimiento por hectárea (Illpa-Puno, 2012). Para realizar la labranza o preparación de suelo, se inicia con chapia total del terreno y, luego se realiza, un trazado que sirva como alineado para marcar los sitios para sembrar el cacao y la especie maderable (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola [FHIA], 2018).

Cabe recalcar que existen varias formas de preparar el suelo para la siembra del cacao con sistemas agroforestales, las cuales dependen del estado en que se encuentre el suelo para realizar dicha preparación (Coronado y Arellan, 2021). A continuación, se describen las distintas formas de mecanización y tipos de labranza que normalmente se realizan para el cultivo de cacao.

Labranza Convencional

La labranza convencional se define como el uso de implementos que se acoplan al tractor en una secuencia lógica para la preparación. Luego, este queda literalmente desnudo, ya que el área queda casi totalmente labrada sobre su superficie (Alvaro. et al., 2017). Por lo tanto, se invierte total o parcialmente los primeros 15 cm, así, el suelo se airea y mezcla, facilitando el ingreso de agua,

mineralización de nutrientes y hay reducción de plagas, animales y vegetales en superficie (Luchsinger et al., 2006). También, contribuye al desarrollo económico, ya que este tipo de laboreo requiere de mayor cantidad de mano de obra, esto amplía la cantidad de puestos de trabajo (Ganchozo Loor, 2010).

No obstante, este sistema también produce efectos desfavorables como el constante paso de la maquinaria sobre el terreno agrícola, utilizando altas cantidades de diésel, lo cual contribuye a la contaminación ambiental (Echeverría y Rozas, 2001). También, este sistema refleja mayores costos de producción, un menor rendimiento por hectárea y disminución de invertebrados beneficiosos que se encuentran en el suelo (Chagas et al., 2008).

Por otra parte, los equipos de labranza más comunes que se utilizan en la preparación de suelo son arado de discos, arado de vertederas, cultivadores, rastras y roturadores (Gómez-Calderón y Estrada-León, 2020). Cabe mencionar que el uso de estos equipos y sus combinaciones va a depender de lo que necesite el suelo, considerando el estado en que se encuentre.

Labranza de Conservación

La labranza de conservación es un método que utiliza los restos de las cosechas del año anterior para reducir la erosión y la escorrentía del suelo (Martínez et al., 2000). Por lo tanto, se busca mejorar la calidad del suelo en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. También, este tipo de labranza tiene la ventaja que incrementa el rendimiento por hectárea, y reduce los costos de producción y cobertura del suelo con los residuos de la cosecha anterior (Brito et al., 2013). Cabe recalcar, que tiene un impacto positivo para el medio ambiente, ya que permite menor cantidad de laboreo, le brinda la capacidad al suelo para almacenar carbono y mitigar los gases de efecto invernadero. Además, se utiliza menor cantidad de combustible fósil para la operación (Navarro Bravo et al., 2008). Para la presente investigación, se determinó que existen dos sistemas de labranza de conservación, las cuáles son mínima y cero (Alonso Báez y Aguirre Medina, 2011).

La labranza de conservación cuenta con ciertas desventajas, incluyendo que requiere de una maquinaria en específico para realizar las actividades de laboreo. Por ello, representa altos costos y

requiere, nuevas habilidades y conocimientos por parte del productor (Navarro Bravo et al., 2012). Además, en una producción a gran escala, estas maquinarias emiten mayor cantidad de emisiones de CO₂ que carbono almacenado (Muñoz Villalobos et al., 2011). Cabe mencionar que este tipo de labranza ocupa menos mano de obra, disminuyendo la cantidad de trabajo para las personas (Guerrero, 2019).

En el Cuadro 3 se muestra que la labranza de conservación es más sostenible que la convencional, ya que la supera en los dominios ambiental. Según Shaxson y Barber (2005) esta utiliza herramientas como azadón, chuzo y un poco rastra para voltear los primeros 10 cm para labranza mínima. La convencional hace uso de maquinaria pesada en su totalidad, por lo tanto, emite mayor cantidad de CO₂. Según Schnetzer Chauvaud (2011), la labranza convencional tiene menor costo de producción, ya que requiere de menor mano de obra y bajos insumos, por lo que es mejor en el dominio económico al realizar la comparación. También, según estos mismos autores la labranza de conservación contribuye más al dominio social, a través de la generación de más empleo.

Cuadro 3

Comparación de dos tipos de preparación de suelo para un sistema agroforestal de cacao

Actividad	Ambiental Emisiones CO ₂ kg/ha/año CO ₂ eq	Económico Costo de producción	Social Mano de obra	#Criterios Sostenibles 1 al 3
Labranza convencional	5.282	Bajo	Menor	1
Labranza de conservación	2.556	Alto	Mayor	2

Nota. Tomado de Schnetzer Chauvaud (2011) y Shaxson y Barber (2005).

Fertilización

Los fertilizantes son sustancias que se utilizan para dar fertilidad al suelo, para que sea un medio más adecuado para el desarrollo del cultivo (Rodríguez y Álvarez, 2010). Existen dos principales tipos de fertilización en la producción de cultivos, los cuáles se describen a continuación:

Fertilización Química

La fertilización química presenta altos costos comparados a los orgánicos. Por su rápida aplicación y degradabilidad, se absorben muchísimo más rápido que los naturales. Son elaborados para que se pueda controlar la cantidad de nutriente que se busca aplicar (Neves, 2021).

Como consecuencias indeseables para el medio ambiente, el suelo y las plantas, los fertilizantes químicos requieren de mayor cantidad de combustibles fósiles para producirlos y crean más gases de efecto invernadero durante su uso (Moreno et al., 2000). De la misma forma, representa un riesgo para la salud de las personas que van a consumir los alimentos y, por lo tanto, están más expuestas a enfermedades (Abreu Cruz et al., 2018).

Fertilización Orgánica

Esta forma de fertilizar tiene la ventaja de que su liberación es lenta, gradual y natural de nutrientes. De esta manera, hay un menor riesgo de que exista demasiada fertilización y pueda perjudicar la salud del suelo (Alvarado-Muñoz, 2016). Teniendo en cuenta la lenta degradación, la fertilización se realiza con menor frecuencia, lo cual reduce los costos. Además, es amigable con el medio ambiente, ya que no produce ningún tipo de residuos químicos que podrían ser altamente nocivos para la calidad de este (Murillo, 2017). Así mismo, los alimentos se encuentran libre de químicos, por lo que es más seguro para la salud de las personas (Ferrera-Cerrato et al., 2007). No obstante, también tiene sus desventajas. Al principio, tiene un costo inicial elevado y, en determinados momentos, hacen falta grandes cantidades de nitrógeno, fósforo o potasio y no podrá suministrarlo, ya que ellos lo descomponen lentamente (Zeledón Cruz et al., 2014).

En el Cuadro 4 se muestra como resultado de la comparación realizada, que la fertilización orgánica es más sostenible que la química, por ser mejor evaluada en el dominio ambiental, ya que según investigaciones de Sosa Rodrigues et al. (2019) el “allganic”, “nitroganic” y “sillcahpo” no incluyen sustancias químicas y reducen la emisión de CO₂, al compararlos con DAP y urea, los cuales son elaborados de forma sintética y pueden contaminar el medio ambiente. En el dominio económico, según estos mismos autores el alza de precio del gas natural ha conducido al incremento en los costos

de producción para la elaboración de fertilizantes químicos. De esta manera, se ha optado por buscar alternativas en abonos orgánicos, que no dependen de una materia prima y resultan más económicos. Con respecto al dominio social, estos autores explican que estos no contienen componentes tóxicos que puedan afectar a la salud de las personas que los manipulan, mientras que los químicos sí.

Cuadro 4

Comparación dos tipos de fertilización para un sistema agroforestal de cacao

Actividad	Ambiental Emisiones CO ₂ kgCO ₂ /kg fertilizante	Económico costo de producción	Social Riesgo a la salud	#Criterios Sostenibles 1 al 3
Fertilización química	0.22	Alto	Sí	0
Fertilización orgánica	0.08	Bajo	No	3

Nota. Tomado de Sosa Rodrigues et al. (2019)

Variedades

La variedad se define como una población con características específicas que la hacen reconocible y diferenciable (Mora et al., 2014). En este caso, sólo se utilizan dos variedades que se detallarán a continuación:

Cacao Nacional

También conocido como criollo, tiene la principal característica que es de color amarillo. Esta variedad de cacao tiene la ventaja de que se adapta al ambiente de un bosque y; facilita los sistemas productivos y la biodiversidad (Barberán Macías, 2017). Cabe recalcar que tiene la desventaja de que posee un menor rendimiento por hectárea que el cacao CCN-51, debido a que es más susceptible a las plagas y enfermedades, especialmente a la escoba de bruja y monilia (Aguayo et al., 2015). Por lo tanto, esto representa menor rendimiento en una producción de cacao. Por otro lado, tiene la capacidad de fijar carbono, disminuyendo las concentraciones de CO₂, por lo que, es óptimo para sembrar junto con sistemas agroforestales. Además, sus ramas y hojas contribuyen al ciclo productivo de materia orgánica en el suelo (Batista et al., 2019). También, esta variedad tiene la ventaja de que ofrece distintos aromas y sabores que satisfacen los gustos del consumidor final (Chavez et al., 2015).

Cacao CCN-51

También conocido como Colección Castro Naranjal, tiene la principal característica que es de color rojo. Su reconocimiento se debe a su alto rendimiento para extracción de productos semielaborados (Barragán Bustamante, 2019). Por otro lado, el cacao CCN-51 requiere de menor cantidad de recursos que el cacao nacional para su producción (Lema Martínez, 2015). Sin embargo, uno de los factores más determinantes es que la siembra de este clon no necesita de sombra, rendimientos de alta productividad y no contribuye con la disminución de las emisiones de CO₂ y del impacto del cambio climático (Chang et al., 2014). También, tiene la desventaja que la calidad de este no satisface los paladares más exigentes del mercado, pues se enfoca más en la cantidad (Barrezueta-Unda et al., 2017).

En el Cuadro 5 se indica que, al comparar las variedades de cacao nacional con el cacao CCN-51, el primero es mejor en el dominio ambiental, ya que según el estudio de Mora et al. (2014), el cultivar cacao CCN-51 aunque tiene la capacidad de crecer más rápido, tiene menor tiempo de vida. Por lo tanto, a largo plazo el cacao nacional acumula mayor cantidad de biomasa, logrando fijar más carbono en el suelo. Por otra parte, con respecto al dominio económico, la investigación de Pocomucha et al. (2016) explica que el cacao CCN-51 es un híbrido, con alta resistencia a plagas y enfermedades, logrando un mejor rendimiento en la producción, y por lo tanto mayores ingresos. Sin embargo, según Guamán L. (2002) el cacao nacional tiene una mayor satisfacción en el mercado externo en países como Bélgica, Alemania y Holanda por su fino aroma, por lo que se lo cataloga como de alta calidad y le da mejor evaluación en el parámetro social.

Cuadro 5

Comparación de dos variedades para un sistema agroforestal de cacao

Actividad	Ambiental Carbono fijado en el suelo kg C/año	Económico Rendimiento t/ha	Social Satisfacción del mercado externo	#Criterios Sostenibles 1 al 3
Cacao nacional	162	1.8	Sí	2
Cacao CCN-51	112	2.5	No	1

Nota. Tomado de Guamán L. (2002), Mora et al. (2014) y Pocomucha et al. (2016)

Control de Enfermedades

Una enfermedad puede definirse como cualquier alteración ocasionada por un agente patógeno, de tal forma que la planta afectada cambia de apariencia y tiene una producción menor que una planta sana de la misma variedad (Iglesias y Batista, 2018). Se consideraron dos principales tipos:

Fungicidas Químicos

Los fungicidas son pesticidas que matan o previenen el crecimiento de hongos en los cultivos (García y Portilla, 2011). En este caso, este tipo de fungicida se basa en elementos como el cobre, cadmio o mercurio, que son tóxicos para los hongos (Faúndez y Díaz, 2019). Cabe recalcar, que la aplicación de este tipo de fungicidas no ha dado resultados del todo efectivos para controlar la escoba de bruja y monilia (Hernández-Villegas, 2016). Sin embargo, los que son elaborados a base de cobre pueden prevenir o reducir los daños del fruto durante los tres primeros meses, que son el período de mayor susceptibilidad del cacao (Fernández Cabrera, 2018).

Estos productos tienen un precio más alto debido a su formulación incluye metales pesados, los cuales son costosos y de difícil acceso (Riascos Balarezo, 2016). Otra desventaja es que la lluvia o irrigación pueden causar que el fungicida que se aplicó a las plantas corra hacia el agua, por lo que se vuelve turbia, es decir, contaminada y causa toxicidad (Castellanos González et al., 2011). Además, algunos afectan a la salud de las personas que aplican porque causan dermatitis de contacto, enfermedad crónica de la piel, alteraciones visuales, edema pulmonar y otros. (Moncada Palma y Moran Almeida, 2019).

Fungicidas Orgánicos

Los fungicidas orgánicos son una serie de sustancias con propiedades antifúngicas y de naturaleza orgánica, es decir, donde el elemento carbono predomina en su composición (Estrada et al., 2011). Estos tienen la ventaja de que no son costosos, a diferencia de los inorgánicos, lo cual se debe a que se requiere de materiales de fácil acceso para su elaboración (Trujillo Valero, 2013). También, son productos amigables con el ambiente, ecológico y causan menor toxicidad en caso de

que corra a la planta (Bravo Murillo, 2015). De la misma manera, protege la salud del agricultor o de la persona que se encuentra aplicando por ser un producto seguro (Ayala Benitez, 2008).

En el Cuadro 6 se indica que los fungicidas orgánicos son más sostenibles comparados con los químicos, por el hecho de que son mejores en el dominio ambiental, ya que según investigaciones de (Rivera Yepes, 2014) el “Timorex gold” es elaborado a base de aceite de árbol de té, por lo que su factor de emisión de CO₂ es baja, con respecto al oxiclورو de cobre que es elaborado a base de compuestos químicos, por lo que, genera mucho más gases. En el dominio económico, Noguera et al. (2010) explican que es de fácil elaboración y costos bajos, a diferencia del “Timorex”, para el cual es difícil la obtención de insumos para su preparación, lo que aumenta su precio. Para el dominio social, estos mismos autores mencionan que el oxiclورو puede provocar irritación en la piel y ojos y hasta cáncer por su uso prolongado. En contraste, el “Timorex”, como fungicida orgánico, reduce estos riesgos debido a sus componentes.

Cuadro 6

Comparación de dos tipos de control de enfermedades para un sistema agroforestal de cacao

Actividad	Ambiental Factor emisión CO ₂ kg CO ₂ eq/kg fungicida	Económico Rentabilidad costo	Social Trabajadores afectados en salud	#Criterios Sostenibles 1 al 3
Fungicidas químicos	8.0	Bajo	Sí	1
Fungicidas orgánicos	2.0	Alto	No	2

Nota. Tomado de (Rivera Yepes, 2014) y (Noguera et al., 2010)

Control de Malezas

Las malezas son un conjunto de plantas que compiten por agua y nutriente con el cultivo, desfavoreciendo su óptimo desarrollo (Fernández et al., 2016). Se tomaron en cuenta dos formas, química y manual, las cuáles se describen a continuación:

Herbicidas Inorgánicos

Son aquellas sustancias químicas que actúan contra las malezas que se encuentran a lo largo de toda la producción (Bedmar y Gianelli, 2014). Por otra parte, tienen la desventaja de que

desfavorecen a la biodiversidad y aumentan las emisiones de gases de CO₂ (Arce Cascante, 2014). Además, la mayoría de estos, por su composición de elementos y compuestos, son tóxicos para agricultor y los trabajadores, causando malos efectos en su salud (González-Márquez et al., 2013).

Herbicidas Orgánicos

Estos herbicidas son aquellos basados en compuestos orgánicos que controlan la maleza y ayudan a conservar el medioambiente (Olivera-Olivera, 2015). Entonces, es posible mejorar los rendimientos y reducir los gastos mediante técnicas ecológicas, pues implican un pequeño esfuerzo de inversión en comparación con sus beneficios potenciales, como reducir tratamientos contra malezas y el ahorro de herbicidas (Posada, 2018). Al mismo tiempo, contribuye al mantenimiento de la biodiversidad presente en la plantación y a la reducción de emisiones de gases de efecto de invernadero (Oliveros-Bastida, 2008). De la misma manera, precisa de más mano de obra, que están menos expuesta a sustancias químicas. Es decir, asume menos riesgos sanitarios, generando una tranquilidad para el productor (Portuguez-García et al., 2021).

En el Cuadro 7 se indica que el control de malezas con herbicidas orgánicos es mejor en el dominio ambiental, ya que según investigaciones de Morán Lozano (2020) el “herbigarden”, elaborado a base de vinagre, al momento de su aplicación emite pocas emisiones de CO₂, en comparación al glifosato. Para el dominio económico, Rivera Yepes (2014) menciona que el principal compuesto del herbicida químico es la glicina y es de fácil producción; lo que le genera un bajo precio de mercado. Por otra parte, el vinagre es de alto costo y es el principal componente de “herbigarden”; esto permitió que el herbicida químico resultara mejor en la comparación del dominio. En cuanto al dominio social, Traver (2015) indica que el glifosato puede tener efectos en la salud de las personas que tienen contacto con el químico, provocándoles irritación en los ojos y piel, además de problemas respiratorios; en contraste, el “Herbigarden” no representa riesgos para la salud.

Cuadro 7

Comparación de las diferentes formas de control de malezas para un sistema agroforestal de cacao

Actividad	Ambiental Factor emisiones CO ₂ kgCO ₂ eq/Kg herbicida	Económico Rentabilidad Costo	Social Trabajadores afectados en salud	#Criterios Sostenibles 1 al 3
Herbicidas químicos	9.2	Bajo	Sí	1
Herbicidas orgánicos	1.7	Alto	No	2

Nota. Tomado de Morán Lozano (2020), Rivera Yepes (2014) y Traver (2015)

Riego

Esta BPA consiste en el aporte del recurso agua a la planta, con el fin de que pueda desarrollarse en condiciones óptimas (Mazabel-Domínguez et al., 2010). De esta manera, la planta se nutre, por lo que, se encuentra fuerte para soportar un ataque de plagas y enfermedades (Mazari, 2014). En este caso, se consideraron los tres tipos de riego que más se utilizan en una plantación de cacao: aspersión, microaspersión y goteo; los cuales se describen a continuación.

Aspersión

Es un sistema de riego en donde una máquina hace que el agua caiga en forma de lluvia y uniforme hacia el cultivo (Martínez-Cob et al., s. f.). Este tiene la ventaja de que tiene menor coste de instalación y mucha mayor duración de la instalación, ya que tiene una vida prácticamente ilimitada (Flórez-Tuta et al., 2013). Además, se puede reducir la saturación y salinización mediante el uso de este tipo de riego, porque se aplica el agua en forma más precisa y se puede limitar las cantidades más fácilmente a los requerimientos de los cultivos (Villacís Stacey, 2012). Por último, con este se requiere de mano de obra permanente para las operaciones de distribución y control del agua (Cisneros et al., 2007).

Microaspersión

Este tipo de riego aplica agua en forma de lluvia más fina que el riego por aspersión, a través de micro aspersores (Mendoza et al., 2010). Sin embargo, tiene la desventaja de que la instalación puede ser más costosa, porque requiere de mayores conocimientos técnicos (Demin, 2014). Sin embargo, se pueden suministrar nutrientes disueltos en el agua, y, de esta forma, reduce el uso de

fertilizantes, mejorando la calidad del agua drenada y, evitando cantidades excesivas de salinización (Bermeo Ortiz, 2020). También, ahorra el trabajo de mantenimiento del productor, ya que hay mejor control visual sobre el mal funcionamiento de algún micro aspersor (Cruz. et al., 2011)

Goteo

Es un tipo de riego localizado en mangueras que llegan al punto exacto donde se encuentra el cultivo (Liotta et al., 2015). No obstante, tiene un alto coste de instalación y, al mismo tiempo, de mantenimiento (Mayhua López et al., 2015). Así mismo, tiene altas posibilidades de salinización para el cultivo (Antúnez et al., 2010). Por otro lado, se requiere de poca mano de obra, tanto en su maniobra como en las actividades de fertilización y deshierbe (Yescas et al., 2015).

En el Cuadro 9 se indica que el riego por aspersión resultó mejor evaluado en la comparación con riego por goteo y microaspersión, debido a su mejor evaluación en los dominios económico y social. Según la investigación de Morabito et al. (2006) este tiene un bajo costo de inversión, ya que hay un menor coste en la instalación de este sistema en comparación con los otros dos. Pero, cabe recalcar que según Fortis-Hernández et al. (2009) el riego por microaspersión es el que menor salinidad presenta con respecto al suelo. En comparación con el riego por goteo y de aspersión es más alta la salinidad, afectando a la calidad del recurso. Por otro lado, Centurión Pretell y Flores Bernabé (2014) explican que la implementación del riego por aspersión contribuye al desarrollo social, ya que genera más empleo por sus requerimientos de mano de obra para su instalación, manejo y mantenimiento.

Cuadro 9

Comparación de los diferentes tipos de riego para un sistema agroforestal de cacao

Actividad	Ambiental Calidad del suelo Conductividad eléctrica mS/cm	Económico Rentabilidad costo	Social Mano de obra	# Criterios Sostenibles 1 al 3
Goteo	2.85	Alto	Menor	0
Aspersión	1.64	Bajo	Mayor	2
Microaspersión	0.86	Alto	Menor	1

Nota. Tomado de Centurión Pretell y Flores Bernabé (2014), Morabito et al. (2006) y Fortis-Hernández et al. (2009)

Especie Forestal

Una especie forestal es una planta que ofrece servicios para favorecer la producción de cultivos, animales y satisfacer ciertas necesidades del ser humano (Giraldo et al., 2009). Se tomaron en cuenta las tres principales especies que más se utilizan con cacao en un sistema agroforestal: madero negro, caoba y cedro, las cuales se detallan en las secciones que continúan.

Madero Negro

Es un árbol de pequeño a mediano, que provee madera y sirve como forraje para las vacas. También para sembrar en conjunto de cultivos agrícolas como cacao y café (Monterrey et al., 2001). Por otro lado, los rendimientos totales obtenidos muestran que el tratamiento con mayor rendimiento entre varias especies forestales fue el madero negro y, por lo tanto, es el más rentable (Fornos Cáceres y Meza Acevedo, 2001). También, este árbol tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y sirve como abono verde para aumentar la materia orgánica del suelo, ayudando a reciclar los nutrientes de este (Báez Amador, 2019). Cabe recalcar, que su madera es dura y pesada, además, que es cotizada para artesanía y carpintería por el contraste del color entre la albura clara y el duramen muy oscuro (Fournier et al., 1986).

Caoba

Es una especie de alto valor comercial, que crece en zonas bajas, caracterizada por su color rojizo y se usa para la fabricación de muebles (Guamán L., 2002). Por lo tanto, su madera es frecuentemente destinada al mercado internacional (Pérez-Vera et al., 2018). También, cuenta con una rentabilidad económica positiva, ya que tiene buen rendimiento por hectárea (Villegas Aguilar et al., 2001). Así mismo, tiene la capacidad de fijar nitrógeno en el suelo y, puede ser utilizado como servicio de pago por derecho de secuestro de carbono (López Barreto, 2015).

Cedro

Es una especie forestal nativa de alta calidad, caracterizada por sus colores que van de amarillo al rosado y hasta el marrón rojizo (Negreros-Castillo et al., 2010). En el caso de esta, crece más rápido que la caoba bajo condiciones ideales, aunque de vida más corta (Díaz et al., 2007).

También, es una de las más eficientes en la captura de CO₂ por lo que, tiene un papel importante para la fijación de nutrientes en el suelo (Ruiz-Jiménez et al., 2018). Cabe destacar que esta madera es de excelente calidad, se utiliza en construcción ligera, cubierta y forros para barcos, decoración de interiores, carpintería, cajas de cigarrillos y joyeros (Mata Aranda, 2017).

En el Cuadro 10 se indica que la especie de cedro está mejor evaluada al compararla con madero negro y caoba, en los dominios ambiental y económico. Según el trabajo de Sánchez Gutiérrez et al. (2016), en donde se evaluaron tres especies de 4 años, se justificó que el madero negro es la que mayor capacidad de almacenamiento de CO₂ tiene, dado su rápido crecimiento. De la misma manera, estos mismos autores mencionan que el madero negro, por la ventaja mencionada adquiere un mayor DAP que las otras especies en menos tiempo. Por lo tanto, se puede extraer mayor volumen de madera y generar mayores ingresos. Sin embargo, según Sánchez et al. (2001), el madero negro no tiene aceptación en el mercado externo (dominio social), por su madera robusta y de color oscuro, a diferencia del cedro y caoba que son consideradas madera fina de alta calidad para estos mercados.

Cuadro 10

Comparación de tres tipos de especies forestales para un sistema agroforestal de cacao

Actividad	Ambiental Almacenamiento de C kg C/ha/ año	Económico Volumen madera m ³ / árbol	Social Satisfacción del mercado externo	#Criterios Sostenible 1 al 3
Cedro	367	1.6	Sí	1
Madero negro	654	3.2	No	2
Caoba	323	1.2	Sí	1

Nota. Tomado de Sánchez Gutiérrez et al. (2016) y Sánchez et al. (2001)

Cosecha

Esta es la separación del fruto con respecto a la parte vegetal de un árbol. También, es, el fin del ciclo productivo de un cultivo y el inicio de la venta del producto al mercado (Rivera, 2015). Se tomaron en cuenta dos formas de cosechar en una producción de cacao con sistemas agroforestales manual y mecanizada:

Manual

Es un sistema de recolección de fruta realizado por personas que estén especializadas o no y con herramientas de mano (cuchillos) (Aranguren et al., 2010). Por otro lado, esta no requiere de inversiones iniciales, ya que no se requiere de equipo tecnificado, ni de personal especializado (Thompson, 2011). Además, tiene la ventaja de que el ser humano selecciona el producto en su adecuado estado de madurez y lo manipula con mayor suavidad garantizando menor daño y calidad (Ortiz, 2009). De esta manera, no existe algún riesgo de contaminación, ya que solo se requiere de mano de obra (Cabrera y Zuaznábar, 2010).

Mecanizada

Es aquel sistema donde la recolección de fruta se realiza con maquinaria autopropulsada y con personal con un nivel más especializado (Miranda Caballero et al., 2010). Además, tiene como ventaja la rapidez y un menor costo por tonelada recolectada (Salgado-García, 2014). Sin embargo, esta requiere de una considerable inversión de capital para la adquisición, operación, mantenimiento del equipo y mínima mano de obra (Mesa, 2017). También, existen problemas ambientales, ya que estas maquinarias especializadas contaminan mucho, generando grandes cantidades de dióxido de carbono durante su funcionamiento (Villatoro et al., 2017).

En el Cuadro 11 se muestra que la cosecha manual es mejor evaluada que la mecanizada en el dominio ambiental, ya que según Ríos y Rincón Villamizar (2014), la cosecha manual se realiza por medio de herramientas, por lo que, no genera emisiones de CO₂ y la mecanizada requiere de tractores de carga para el producto, emitiendo mayor cantidad de gases. Sin embargo, estos mismos autores explican que la cosecha manual tiene mayores costos (herramientas y mano de obra) que la mecanizada que solo utiliza el tractor como inversión inicial o costo de alquiler. Por otro lado, según Rosati (2018), la manual requiere de mayor mano de obra, contribuyendo mejor en el dominio social.

Cuadro 21*Comparación de dos tipos de cosecha para un sistema agroforestal de cacao*

Actividad	Ambiental Emisiones de CO ₂ kg CO ₂ eq/ ha	Económico Rentabilidad Costo	Social Mano de obra	#Criterios Sostenible 1 al 3
Manual	0	Alto	Mayor	2
Mecanizada	981	Bajo	Menor	1

Nota. Tomado de Ríos y Rincón Villamizar (2014) y Rosati (2018)

Propuesta de Cacao con Sistemas Agroforestales

En el Cuadro 12 se muestra las actividades con una breve descripción para el entendimiento de cada una. Se puede notar que se consideraron todas las que obtuvieron mayor número de criterios sostenibles que fueron comparados en los cuadros anteriores de las BPA. De esta manera, se obtuvo la propuesta de producción de cacao con sistemas agroforestales más sostenible.

Cuadro 12*Propuesta de producción sostenible de cacao con BPA y sistemas agroforestales*

Actividad	Descripción de la actividad	# Criterios Sostenibles 1 al 3
Labranza de conservación	Siembra de cultivos anuales efectuando mínimo laboreo o siembra directa sobre los residuos de la cosecha anterior	2
Fertilización orgánica	Uso de abonos orgánicos para mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.	3
Cacao nacional	Fermentación muy corta, da un chocolate suave de buen sabor y aroma	2
Fungicidas orgánicos	Controlan hongos y sus moléculas contienen átomos de carbono.	2
Herbicidas orgánicos	Eliminan la maleza, se basan en compuestos orgánicos y biodegradables	2
Riego por aspersión	Aplicar agua al cultivo en forma de llovizna	2
Variedad de madero negro	Tipo de árbol de madera fragante y dura, bastante resistente a la putrefacción, hongos e insectos	2
Cosecha manual	Recolección de frutas y hortalizas con personas, especializadas o no y sin maquinaria	2

Conclusiones

A partir de la comparación de 18 actividades correspondientes a ocho prácticas culturales para el manejo de un sistema de cacao con sistema agroforestal, se identificó que la fertilización orgánica es la única práctica que es sostenible bajo los tres criterios evaluados.

La comparación de las actividades tomadas en consideración permitió elaborar una propuesta con un sistema de producción de cacao agroforestal implementando buenas prácticas agrícolas con el propósito de contribuir a la resiliencia del sistema en dominios ambiental, económico y social.

Recomendaciones

Realizar una comparación de sostenibilidad de prácticas para un sistema agroforestal de cacao utilizando mayor número de parámetros y BPA, con el propósito de poder realizar una mejor comparación.

Replicar el estudio considerando el tamaño de los sistemas productivos, ya que los parámetros a considerar para comparar las BPA pueden diferir de acuerdo con la escala de las haciendas.

Con base en los resultados obtenidos en la presente revisión y al aporte bibliográfico, se recomienda ampliar el mismo estudio, tomando en cuenta un área geográfica específica con el objetivo de mejorar la implementación de buenas prácticas agrícolas en la producción de cacao con sistemas agroforestales.

Referencias

- Abreu Cruz, E., Araujo Camacho, E., Rodríguez Jimenez, S. L., Valdivia Ávila, A. L., Fuentes Alfonso, L. y Pérez Hernández, Y. (2018). Efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en *Capsicum annum*. *Centro Agrícola*, 45(1), 52–61. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s0253-57852018000100007&script=sci_arttext&tIng=pt
- Agronet. (2021, 15 de febrero). *Estos son los tipos de labranza que usted puede utilizar en su predio*. <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Estos-son-los-tipos-de-labranza-que-usted-puede-utilizar-en-su-predio.aspx>
- Aguayo, A. A. A., Burgos, B. P. H. y Sánchez, M. L. A. (2015). Estudio económico de la producción de cacao y las principales enfermedades de la variedad ccn-51 en el cantón La Troncal, Guayas, Ecuador. *Revista DELOS Desarrollo Local Sostenible*, Artículo ISSN, 1998, 5245. <https://www.eumed.net/rev/delos/30/enfermedades-cacao.zip>
- Alonso Báez, M. y Aguirre Medina, J. F. (2011). Efecto de la labranza de conservación sobre las propiedades del suelo. *Terra Latinoamericana*, 29(2), 113–121. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s0187-57792011000200113&script=sci_arttext
- Alvarado-Chaves, A. (2006). Mecanización agrícola ¿Deterioro o conservación del suelo? *Revista Tecnología En Marcha*, 19(1), 56. https://181.193.125.13/index.php/tec_marcha/article/view/24
- Alvarado-Muñoz, C. A. (2016). *Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica, en el rendimiento de un clon de cacao (Theobroma cacao, L) y en la fertilidad del suelo* [Trabajo final de graduación, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica]. [repositoriotec.tec.ac.cr](https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/9843). <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/9843>
- Alvaro., Rojas L. y Mora A. (2017). *Métodos de labranza conservacionista y maquinaria para la conservación de suelos en el establecimiento de plantaciones dendroenergéticas*. BCIE. https://fondohondurasespana.bcie.org/fileadmin/fhe/espanol/archivos/publicaciones/Educacion_Superior/1_Metodos_Labranza_Conservacionista_Maquinaria_Dendroenerg.pdf
- Amézquita, E., Idupulpati, M., Rivera, M., Corrales, I. y Bernal, J. (2013). *Propiedades físicas de los suelos de los Llanos Orientales y sus requerimientos de labranza*. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12590/60355_62151.pdf?sequence=1#page=39
- Antúnez, A., Mora, D. y Felmer, S. (2010). Eficiencia en sistemas de riego por goteo en el secano. *INIA (Instituto De Investigaciones Agropecuarias-CL)*. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2014/06/eficiencia_en_sistemas_de_riego.pdf
- Anzalone, A. y Silva, A. (2010). Evaluación de herbicidas sulfonilureas para el control de malezas en cafetales. *Bioagro*, 22(2), 95–104. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=s1316-33612010000200002&script=sci_arttext
- Aranguren, M., Perez, M. C. y Reynaldo, I. M. (2010). *Pronosticos de madurez y otras especificaciones de calidad para el ordenamiento de la cosecha en los citricos de Jaguey Grande* [Tesis doctoral, Cuba]. RIS. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CU2010400075>
- Arce Cascante, C. R. (2014). *Verificación de la resistencia de poblaciones de Echinochloa colona a la formulación de los herbicidas Imazapic+ Imazapir que inhiben la ALS (acetolactato ...* [Tesis de

- pregrado, Universidad de Costa Rica, Costa Rica]. RIS. <http://repo.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/2797/1/36942.pdf>
- Armenta-Bojórquez, A. D., Cervantes-Medina, C., Galaviz-Lara, J. A., Camacho-Báez, J. R., Mundo-Ocampo, M. y García-Gutiérrez, C. (2012). Impacto de la fertilización nitrogenada en agua para consumo humano en el municipio de Guasave Sinaloa, México. *Ra Ximhai*, 8(3b), 11–16. <https://doi.org/10.35197/rx.08.03.e2.2012.02.aa>
- Ayala Benitez, M. F. (2008). *Manejo integrado de moniliasis (moniliophthora roreri) en el cultivo de cacao (theobroma cacao l.) mediante el uso de fungicidas, combinado con labores culturales* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Guayaquil, Ecuador]. www.dspace.espol.edu.ec. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/10404>
- Báez Amador, K. M. (2019). *Evaluación del efecto de lodo activo como sustrato de vivero, en la germinación y crecimiento del madero negro [(Gliricidia sepium) (Jacq.) Stend.]*, Universidad Nacional Agraria. <http://repositorio.una.edu.ni/3946/>
- Baquero Castillo, J. X. y Quiroga Moreno, P. A. (2018). *Estudio de la sensibilidad al contraste en los trabajadores del agro expuestos a pesticidas y herbicidas* [Tesis de pregrado, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia]. RIS. <https://ciencia.lasalle.edu.co/optometria/262/>
- Barberán Macías, F. J. (2017). *Determinación del control fitosanitario de monilla (Monilia sp.) en Cacao Nacional con dos productos comerciales, en el cantón Balzar en la provincia del Guayas* [Trabajo de pregrado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil; Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador]. 201.159.223.180. <http://201.159.223.180/handle/3317/7706>
- Barragán Bustamante, B. H. (2019). *“Evaluación sensorial de sistemas de fermentación de almendra de cacao (Theobroma cacao L.), en el clon “CCN51” en la zona de Bucay, Provincia del Guayas”* [, Babahoyo:UTB,2019, Ecuador]. dspace.utb.edu.ec. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6135>
- Barrezueta-Unda, S., Prado-Carpio, E. y Jimbo-Sarmiento, R. (2017). Características Del Comercio De Cacao A Nivel Intermediario En La Provincia De El Oro-Ecuador. *European Scientific Journal, ESJ*, 13(16), 273–282. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n16p273>
- Batista, R. M. G., Guerrero, J. N. Q. y Castro, A. R. S. (2019). Valoración del estado agronómico de las plantaciones de cacao nacional en el Ecuador. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 2(2), 109–119. <http://remca.umet.edu.ec/index.php/remca/article/view/140>
- Bedmar, F. y Gianelli, V. (2014). *Comportamiento de los herbicidas em el suelo*. Universidad Nacional de Mar del Plata. <http://www.asacim.org.ar/wp-content/uploads/2019/10/d09.-francisco-bedmar-malezas-2018.pdf>
- Bermeo Ortiz, L. A. (2020). *“Diseño y programación de un sistema de riego por microaspersión en el cultivo de café (Coffea canephora) en el campus La María”* [, Universidad Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador]. repositorio.uteq.edu.ec. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6010>
- Botero, R. y Busso, R. (2020). *Sistemas agroforestales en Mesoamérica para restauración de áreas dregadas*. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/sistemas-agroforestales-mesoamerica-restauracion-t45578.htm>

- Bravo Murillo, J. L. (2015). *Uso de moléculas químicas de baja toxicidad para incluir en la estrategia de manejo de enfermedades en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.)* [Tesis de pregrado, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Quevedo, Ecuador]. repositorio.uteq.edu.ec. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4608>
- Brito, J. M., Martínez, J. A. y Socarrás, I. M. (2013). Impacto ambiental de la introducción de un prototipo agrícola para la labranza de conservación. *Desarrollo Local Sostenible (DELOS)*, 6(16), 1–14. <https://www.eumed.net/rev/delos/16/prototipo-agricola-labranza-conservacion.pdf>
- Cabrera, J. A. y Zuaznabar, R. (2010). Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. I. Balance del carbono. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 0. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0258-59362010000100001
- Camacho-Tamayo, J. y Rodríguez, G. A. (2007). Evaluación de Implementos de Labranza a Diferentes Velocidades de Operación y Contenidos de Agua del Suelo. *Agricultura Técnica*, 67(1). <https://doi.org/10.4067/s0365-28072007000100007>
- Casanova-Lugo, F., Petit-Aldana, J. y Solorio-Sánchez, J. (2011). Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de carbono en el trópico mexicano. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, XVII(1), 133–143. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.08.047>
- Castellanos González, L., Muiño García, B. L., Lorenzo Nicao, M. E., Rodríguez Fernández, A. y Gómez Albernal, M. (2011). Efecto in vitro de siete fungicidas químicos sobre Beauveria bassiana (Bals.) Vuil. *Fitosanidad*, 15(1), 31–38. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s1562-30092011000100005&script=sci_arttext&tlng=pt
- Castelo, C. (2008). ¿Qué sostenibilidad? una lectura desde la Filosofía Práctica. *Papeles De Relaciones Ecosociales Y Cambio Global*(101), 13–26. https://www.fuhem.es/wp-content/uploads/2018/12/que_sostenibilidad_carmenvelayos.pdf
- Centurión Pretell, H. L. y Flores Bernabé, H. O. (2014). *Propuesta de recuperación de un suelo salino mediante la técnica de Riego por Aspersión y Drenaje en la instalación del Cultivo de Alfalfa en el Predio Doña ...* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Trujillo, Trujillo, Perú]. RIS. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/unitru/9840>
- Cepeda-Guzmán, A., Valdez-Aguila, L. A., Castillo-González, A. M., Ruiz-Torres, N. A., Robledo-Torres, V. y Mendoza-Villarreal, R. (2014). Respuestas de lechuga a la conductividad eléctrica con riego superficial y subirrigación. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 5(7), 1233–1245.
- Chagas, C. I., Santanatoglia, O. J., Castiglioni, M. G., Massobrio, M. J., Buján, A. y Iruetia, C. (2008). Número de curva de escurrimiento para una microcuenca de Pampa Ondulada bajo labranza convencional y siembra directa. *Ciencia Del Suelo*, 26(1), 63–69. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=s1850-20672008000100007&script=sci_arttext&tlng=en
- Chang, J. F. V., Torres, C. V., Morán, D. E. P., Véliz, J. M., Remache, R. R. y Rodríguez, W. M. (2014). Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*theobroma cacao* L.) en el ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 7(2), 21–34. <https://doi.org/10.18779/cyt.v7i2.139>

- Chavez, E. S., Puyutaxi, F. A., Barragan, J. J., Nicklin, C. y Miranda, S. B. (2015). Comparación sensorial del cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional fino de aroma cultivado en diferentes zonas del Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 8(1), 37–47. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5319282>
- Cisneros, F., Pacheco T., E. y Feyen, J. (2007). Evaluación del rendimiento de sistemas de riego por aspersión de baja pluviosidad como resultado de la aplicación de la extensión como soporte técnico. *Ingeniería Del Agua*, 14(3), 177–185. <https://doi.org/10.4995/ia.2007.2910>
- Coronado, M. E. y Arellan, B. I. (2021). *Aceptabilidad y contenido de hierro de panecillos funcionales de sangrecita y cacao (Theobroma cacao)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión; PE, Huacho, Perú]. repositorio.unjfsc.edu.pe. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/6227>
- Corral Rivas, S., Silva Antuna, A. M. y Quiñonez Barraza, G. (2019). Modelo generalizado no-lineal altura-diámetro con efectos mixtos para siete especies de Pinus en Durango, México. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales*, 10(53). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i53.500>
- Costa, J., Fernández, J. y Navarro, E. (1995). *Apoyo a las formulaciones herbicidas de baja peligrosidad, para una agricultura más respetuosa con el medio ambiente*. Sociedad Española de Malherbología. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/564250.pdf>
- Cruz., Ramírez Jaramillo, G., Sánchez Cohen, I., Lomas Barrié, C. T. y Cano González, A. D. J. (2011). Diagnóstico y evaluación de sistemas de riego en el distrito 048 Ticul, Yucatán. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 2(SPE1), 5–18. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s2007-09342011000700001&script=sci_arttext
- Cruz Aquino, L. M. y Placencia Medina, M. D. (2019). Caracterización de la intoxicación ocupacional por pesticidas en trabajadores agrícolas atendidos en el Hospital Barranca Cajatambo 2008 – 2017. *Horizonte Médico (Lima)*, 19(2), 39–48. <https://doi.org/10.24265/horizmed.2019.v19n2.06>
- Demin, P. (2014). Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego. *Agropecuaria*, 1, 1–24. https://agriculturers.com/wp-content/uploads/2017/03/inta_aportes_para_el_mejoramiento_del_manejo_de_los_sistemas_de_riego.pdf
- Demuner-Molina, G., Cadena-Zapata, M., Campos-Magaña, S. G., Zermeño-González, A. y Sánchez-Pérez, F. D. J. (2014). Efecto de labranza y mejoradores de suelo en humedad y desarrollo radicular. *Tecnologías Y Ciencias Del Agua*, 5(2), 123–130. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2007-24222014000200008
- Díaz, J. D., Monterroso Rivas, A. I. y Tinoco Rueda, J. Á. (2007). Distribución del cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el estado de Hidalgo, bajo condiciones actuales y escenarios de cambio climático. *Madera y Bosques*, 13(2), 29–49. <https://doi.org/10.21829/myb.2007.1321227>
- Echeverría, H. y Rozas, H. S. (2001). Eficiencia de recuperación del nitrógeno aplicado al estadio de seis hojas del maíz bajo riego en siembra directa y labranza convencional. *Ciencia Del Suelo*, 19(1), 57–66. http://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_19n1/19_1_echeverria_57_66.pdf
- Enciso Maldonado, G. A., Sanabria-Velázquez, A. D., Schlickmann Tank, J. A. y Maidana Ojeda, M. (2021). Una carrera contra la pérdida de la eficacia de fungicidas: 20 años de manejo de la

- roya asiática de la soja en Paraguay. *Investigaciones y Estudios - UNA*, 12(2), 59–61. <https://doi.org/10.47133/IEUNA2126b>
- Espinoza, G., Hernández, C. y Morales, J. (2013). *Manual de malezas y catálogo de herbicidas para el cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. <https://cengicana.org/files/20150902101640359.pdf>
- Espinoza-Domínguez, W., Krishnamurthy, L., Vázquez-Alarcón, A. y Torres-Rivera, A. (2012). Almacén de carbono en sistemas agroforestales con café. *Revistas Chapingo Seria Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, XVIII(1), 57–70. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2011.04.030>
- Esqueda-Esquivel, V. A. y Tosquy-Valle, O. H. (2013). Control químico de *Echinochloa colona* (L.) Link resistente al propanil y *Cyperus iria* L. en arroz (*Oryza sativa* L.) de temporal en Tres Valles, Veracruz. *Universidad Y Ciencia*, 29(2), 113–121. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0186-29792013000200002
- Estrada, W., Romero, X. y Moreno, J. (2011). *Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas*. CATIE. http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/01/estrada_et_al_guia_tecnica_cacao.pdf
- Faúndez, C. J. y Díaz, G. (2019). *Sensibilidad a fungicidas de aislados de Botrytis cinerea obtenidos desde frutos de manzana con pudrición calicinal durante cosecha en la región del Maule* [Universidad de Talca (Chile). Escuela de Agronomía, Chile]. [dspace.otalca.cl. http://dspace.otalca.cl/handle/1950/11734](http://dspace.otalca.cl/handle/1950/11734)
- Fernandes, I. M., Pires, D. M. y Villamañán, R. M. (2014). Educación científica con enfoque ciencia-tecnología-sociedad-ambiente: Construcción de un instrumento de análisis de las directrices curriculares. *Formación Universitaria*, 7(5), 23–32. <https://doi.org/10.4067/s0718-50062014000500004>
- Fernández, O., Leguizamón, E. S., Acciaresi, H. A., Troiani, H. O. y Villamil, C. B. (2016). *Malezas e Invasoras de la Argentina* (1ª ed.). <https://ediuns.com.ar/wp-content/uploads/2019/02/malezas-iii-web.pdf>
- Fernández Cabrera, L. A. (2018). *Epidemiología de escoba de bruja (Moniliophthora perniciosa) en accesiones de cacao (Theobroma cacao L.) silvestre colectadas en la cuenca del Alto Amazonas* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Perú]. RIS. <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2873/AGRONOMIA%20-%20Luis%20Alberto%20Fern%C3%A1ndez%20Cabrera.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ferrera-Cerrato, R., Alarcón, A., Mendoza-López, M. R., Sangabriel, W., Trejo-Aguilar, D., Cruz-Sánchez, J. S. y Delgadillo-Martínez, J. (2007). Fitorremediación de un suelo contaminado con combustóleo usando *Phaseolus Coccineus* y fertilización orgánica e inorgánica. *Agrociencia*, 41(8), 817–826. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30220203001.pdf>
- Flórez-Tuta, N., Zution-Gonçalves, I., Feitosa, D. R. C., Agnellos-Barbosa, E. A., Deus, F. P. D., Diego-Ribeiro, M. y Eiji-Matsura, E. (2013). Eficiencia de aplicación de agua en la superficie y en el perfil del suelo en un sistema de riego por aspersión. *Agrociencia*, 47(2), 107–119. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1405-31952013000200001
- Fornos Cáceres, D. y Meza Acevedo, J. P. (2001). *Comparación del efecto de la fertilización mineral, orgánica y control de malezas en el cultivo de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) establecido*

en callejones de madero negro (*Gliricidia sepium*) y convencional.
<https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/981>

- Fortis-Hernández, M., Leos-Rodríguez, J. A., Preciado-Rangel, P., Orona-Castillo, I., García-Salazar, J. A., García-Hernández, J. L. y Orozco-Vidal, J. A. (2009). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana*, 27. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s0187-57792009000400007&script=sci_arttext
- Fournier, Luis A. y Herrera de Fournier, María E. (1986). Fenología y ecofisiología de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud, "Madero Negro" en Ciudad Colón, Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, 34(2). https://tropicalstudies.org/rbt/attachments/volumes/vol34-2/20_Fournier_Gliricidia_sepium.pdf
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. (2018). *Guía técnica Producción de cacao en sistemas agroforestales*. http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/Guia_Tecnica_cacao_en_SAF.pdf
- Ganchozo Loor, W. J. (2010). *Evaluación del efecto de la aplicación de (*Trichoderma harzianum*), para reducir la incidencia de monilla (*Monilla roleri*) en una plantación de cacao clonal ccn51* [, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador]. [dspace.espace.edu.ec. http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/340](http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/340)
- García, J. M. y Portilla, F. (2011). Mecanismo de acción de los fungicidas. *Revista Ventana Al Campo*, 193–202. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19031/64405_64953.pdf
- Giraldo, L. A., Ríos O, H. F. y Polanco, M. F. (2009). Efecto de dos enraizadores en tres especies forestales promisorias para la recuperación de suelos. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 1, 41. <https://doi.org/10.22490/21456453.1966>
- Gómez-Calderón, N. y Estrada-León, R. J. (2020). Conservación de suelos mediante la modificación de la frecuencia de labranza: Un caso en Costa Rica. *Revista De Ciencias Ambientales*, 54(1), 123–139. <https://doi.org/10.15359/rca.54-1.7>
- González-Estrada, A. y Camacho Amador, M. (2017). Emisión de gases de efecto invernadero de la fertilización nitrogenada en México. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 8(8), 1733–1745. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i8.698>
- González-Márquez, L. C., Villada-Canela, M., Guillén-Garcés, R. A., Márquez-Pacheco, H., Treviño-Quintanilla, L. G., Hernández-Antonio, A. y Hansen, A. M. (2013). Atrazina: un herbicida polémico. *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*, 29, 65–84. <https://www.redalyc.org/pdf/370/37028958004.pdf>
- Guamán L., V. (2002). *Estudio técnico económico para establecer una plantación de caoba africana (*Khaya senegalensis*) en el valle del Yeguaré, Honduras*. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2014. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/2268>
- Guamán Paredes, C. M. (2007). *Estudio de factibilidad para el cultivo de cacao 51 en la parroquia Cristóbal Colón de la ciudad de Santo Domingo de los Colorados y su comercialización* [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador]. [bibdigital.epn.edu.ec. http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/731](http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/731)

- Guerrero, F. R. (2019). Cultivo de Cacao (*Theobroma cacao linnaeus*) como Rubro para la Sustentabilidad de los Suelos. *Revista Scientific*, 4(13), 78–89. <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2019.4.13.4.78-89>
- Hernández, A. L. S., Vélez, E. P., García, A. E. y Tovar, L. E. C. (2000). Metodología para evaluar la distribución de costos e ingresos relacionados con el servicio de riego. *Agrociencia*, 34(5), 639–649. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30234513.pdf>
- Hernández-Villegas, J. (2016). Incidencia de la escoba de bruja (*Crinipellis perniciosa*) sobre el rendimiento de dos agroecosistemas de cacao con diferentes condiciones de manejo. *Biagro*, 28(1), 59–64. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=s1316-33612016000100008&script=sci_arttext
- Iglesias y Batista (2018). Principales enfermedades que afectan al cultivo del arroz en Ecuador y alternativas para su control. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 16–27. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/160>
- Illpa-Puno. (2012). *Tecnología: Práctica de labranza mínima y trébol blanco para mejorar la calidad nutritiva de pastos naturales*. Inia. http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/517/1/Trip-Labranza_Pastos_naturales.pdf
- Jadán, O., Günter, S., Torres, B. y Selesi, D. (2015). Riqueza y potencial maderable en sistemas agroforestales tradicionales como alternativa al uso del bosque nativo, Amazonia del Ecuador. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 12(28), 13–22. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5123331>
- Larrea, M. (2008). El cultivo de cacao nacional: un bosque generoso. *Manual De Campo Para La Implementación De Prácticas Amigables Con La Biodiversidad En Cultivos De Cacao Nacional*. (AC Benítez, Ed.). Quito, Ecuador: Programa Nacional Biocomercio Sostenible Del Ecuador (EcoCiencia/CORPEI), Programa De Facilitación Del Biocomercio-UNCTAD. http://cadenacacaoca.info/cdoc-deployment/documentos/el_cultivo_de_cacao_nacional,_un_bosque_generoso.pdf
- Lema Martínez, J. O. (2015). "Zazagan" ; centro de acopio de cacao CCN-51 en carrizal ciudad de Milagro [Tesis de pregrado, ESPAE - ESPOL, Ecuador]. www.dspace.espol.edu.ec. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/30508>
- León-Villamar, F., Calderón-Salazar, J. y Mayorga-Quinteros, E. (2016). Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao fino de aroma en Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 9(18), 45–55. <https://www.redalyc.org/pdf/5826/582663825007.pdf>
- Liotta, M. A., Carrión, R. A., Ciancaglini, N. y Olguin Pringles, A. (2015). *Riego por goteo* (1ª ed.). UCAR. https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/4528/inta_eeasanjuan_liotta_riego_por_goteo.pdf?sequence=1
- López Barreto, C. A. (2015). *Evaluación de sobrevivencia e incremento de seis especies forestales maderables en plantaciones de la finca Eco forestal, San Juan del Sur, Rivas. 2010*. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/3240>
- Lozada, B. S., Herrera, L. V., Perea, J. A., Stashenko, E. y Escobar, P. (2012). Efecto in vitro de aceites esenciales de tres especies de *Lippia* sobre *Moniliophthora roreri* (Cif. y Par.) Evans et al., agente causante de la moniliasis del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Acta Agronómica*, 61(2),

102–110. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0120-28122012000200002

- Luchsinger, A., Villa, R., Ocqueteau, G. y Suter, F. (2006). Siembra con labranza tradicional y cero labranza, mediante la adaptación de una sembradora de cereales y dos distancias entre hileras en cultivares de ... *Idesia (Arica)*, 24(2), 77–84. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=s0718-34292006000200009&script=sci_arttext&tlng=en
- Martínez, J. D. L., Puente, G. G. y Padilla, S. B. (2000). Labranza de conservación usando coberturas de abono orgánico en alfalfa. *Terra Latinoamericana*, 18(2), 161–171. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57318209.pdf>
- Martínez-Cob, A., Zapata Ruiz, N. y Sánchez Marcos, I. (s. f.). *Viento y riego: la variabilidad del viento en Aragón y su influencia en el riego por aspersión*. Institución Fernando el Católico. <https://digital.csic.es/handle/10261/23680>
- Mata Aranda, S. F. (2017). *Factores Que Influyen En La Evasión Tributaria Y La Informalidad De Los Comerciantes Del Mercado Los Cedros, Distrito De Nuevo Chimbote- 2017* [, Universidad César Vallejo, Nuevo Chimbote, Perú]. repositorio.ucv.edu.pe. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/10253>
- Mayhua López, E., Ludeña Choez, J., Tamayo Bedregal, J., Cuba Reyes, M., Núñez Zambrano, Á., Gonzales Ale, N. y Lozada Herrera, D. (2015). Sistema de riego por goteo automático utilizando una red de sensores inalámbricos. *Revista De Investigación Arequipa*, 7, 69–92. <https://scholar.archive.org/work/cfdqm4zgxjdvfg3wg2ucuwfcde/access/wayback/http://ucsp.edu.pe/investigacion/wp-content/uploads/2017/01/4.-sistema-de-riego-por-goteo-autom%3%a1tico.pdf>
- Mazabel-Domínguez, D. G., Romero-Jacuinde, M. y Hurtado-Cardoso, M. Á. (2010). La evaluación social de la sustentabilidad en la agricultura de riego. *Ra Ximhai*, 199–220. <https://doi.org/10.35197/rx.06.02.2010.04.dm>
- Mazari, M. (2014). Agricultura y contaminación del agua. *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana De Economía*, 45(177), 199–201. <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s0301-70362014000200011>
- Mendoza, J. C., Gruber, L., Torrealba, C. y Lugo, J. G. (2010). Diseño, construcción y evaluación de un equipo automatizado para riego por microaspersión. *Bioagro*, 22(3), 235–238. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1316-33612010000300010
- Mesa (2017). Influencia de la cosecha mecanizada de la caña de azúcar en la compactación del suelo. *Revista Ingeniería Agrícola*, 6(1), 33–38. <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/iagric/article/view/727/0>
- Mesa, V., Marín, P., Ocampo, O., Calle, J. y Monsalve, Z. (2019). Fungicidas a partir de extractos vegetales: una alternativa en el manejo integrado de hongos fitopatógenos. *RIA. Revista De Investigaciones Agropecuarias*, 45(1), 23–30.
- Miranda Caballero, A., Iglesias Coronel, C. E., Herrera González, E., Abraham Ferro, N. y Castells Hernández, S. (2010). Determinación de los principales parámetros de calidad que afectan la cosecha mecanizada de arroz. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(4), 1–5. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2071-00542010000400001

- Moncada Palma, G. I. y Moran Almeida, E. M. (2019). *Influencia de enfermedades respiratorias debido al uso de fungicidas en habitantes de la Hacienda Sonnina y Piedad del Recinto Zapote Cantón Urdaneta Provincia de Los Ríos mayo-septiembre 2019* [, Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, Ecuador]. dspace.utb.edu.ec. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6976>
- Monterrey, J., Suárez, D. y González, M. (2001). Comportamiento de insectos en sistemas agroforestales con café en el Pacífico Sur de Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 8(29). <http://bco.catie.ac.cr:8087/portal-revistas/index.php/agro/article/view/492>
- Mora, F. D. S., Montufar, J. Z., Chang, J. V., Remache, R. R., Fiallos, F. R. G. y Montúfar, G. H. V. (2014). Productividad de clones de cacao tipo nacional en una zona del bosque húmedo tropical de la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 7(1), 33–41. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5070159>
- Morabito, J. S., Salatino, C., Mirábile, Y. y Guillén, D. (2006). *Riego por micro aspersión de nogal en Chilecito, La Rioja: Necesidades de riego y estrategias de manejo (2da parte)* [Tesis de pregrado, INA, Mendoza, Argentina]. RIS. <https://www.ina.gob.ar/archivos/pdf/cra-iiiferti/cra-ryd-13-mor%c3%a1bito%203.pdf>
- Morán Lozano, A. B. (2020). *Evaluación del efecto de una fitohormona (ácido giberélico), un aminoácido y un bioestimulante en el rendimiento del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) en el cantón Santa Lucía de la provincia del Guayas* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador]. 201.159.223.180. <http://201.159.223.180/handle/3317/14309>
- Moreira, D. (2015). *Sistematización de buenas prácticas de adaptación del sector agropecuario ante el cambio climático*. IICA. <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3046/BVE17068958e.pdf;jsessionid=E9D8867DB6A768CFFFD4D60630A00687?sequence=1>
- Moreno, J. A. E., Acuña, E. A. G., Román, A. E. B., Contreras, D. J. y López, C. T. (2000). Fertilización química y biológica de Phalaenopsis (Orchidaceae) en condiciones de invernadero. *Terra Latinoamericana*, 18(2), 125–131. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57318204.pdf>
- Mosquera-Losada, M. R., Moreno, G., Santiago-Freijanes, J. J., Ferreiro-Domínguez, N y Rigueiro-Rodríguez, A. (2015). Sistemas agroforestales y PAC. *Ambienta*, 112, 110–124. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_am%5cpdf_am_ambienta_2015_112_completa.pdf#page=112
- Muñoz Villalobos, J. A., Oleschko Lutkova, K., Velásquez Valle, M. A., Velázquez García, J. D. J., Martínez Menes, M. y Figueroa Sandoval, B. (2011). Propiedades físicas de un Andosol mólico bajo labranza de conservación. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 2(SPE1), 151–162. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2007-09342011000700012
- Murillo, S. I. (2017). *Efectos de la fertilización orgánica edáfica y foliar, en el cultivo de maíz (Zea mays) en la zona de Babahoyo* [, Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, Ecuador]. dspace.utb.edu.ec. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3113>
- Najul, C. y Anzalone, A. (2006). Control de malezas con cobertura vegetal en el cultivo de la Caraota negra (Phaseolus vulgaris L.). *Bioagro*, 18(2), 75–82. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1316-33612006000200001

- Navarro Bravo, A., Figueroa Sandoval, B., Martínez Menes, M., González Cossio, F. y Osuna Ceja, E. S. (2008). Indicadores físicos del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. *Agricultura Técnica En México*, 34(2), 151–158. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s0568-25172008000200002&script=sci_arttext
- Navarro Bravo, A., Figueroa Sandoval, B., Sangerman-Jarquín, D. M. y Osuna Ceja, E. S. (2012). Propiedades físicas y químicas del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 3(SPE4), 690–697. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2007-09342012000900011
- Negreros-Castillo, P., Apodaca-Martinez, M. y Mize, C. W. (2010). Efecto de sustrato y densidad en la calidad de plántulas de cedro, caoba y roble. *Madera Y Bosques*, 16(2), 7–18. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712010000200001
- Neves, F. (2021). *¿Te conviene usar fertilizantes químicos?* <https://bloglatam.jacto.com/fertilizantes-quimicos-2/>
- Noguera, J. F., Moreno, A., Gozalbo, A. y Orts, M. J. (2010). Desarrollo de esmaltes cerámicos con propiedades bactericidas y fungicidas. *XI QUALICER. Castellón*, 15–16. <https://www.qualicer.org/recopilatorio/ponencias/pdfs/2010032.pdf>
- Olivera-Olivera, V. (2015). *Evaluación de bioestimulantes y prácticas orgánicas de manejo de malezas en la productividad y calidad de la fruta de pulasán [Nephelium ramboutan-ake (Labillardière) Leenhouts]: Evaluación de bioestimulantes y prácticas orgánicas de manejo de malezas en la productividad y calidad de la fruta de pulasán [Nephelium ramboutan-ake (Labillardière) Leenhouts]* [Tesis de doctorado, Universidad de Puerto Rico, Puerto Rico]. [scholar.uprm.edu](http://scholar.uprm.edu/handle/20.500.11801/1094)
- Oliveros-Bastida, A. D. J. (2008). El fenómeno alelopático. El concepto, las estrategias de estudio y su aplicación en la búsqueda de herbicidas naturales. *Química Viva*, 7(1), 2–34. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86370102.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *Conjunto de herramientas para la gestión forestal sostenible: Agroforestería*. <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules-alternative/agroforestry/basic-knowledge/es/#:~:text=La%20agroforester%C3%ADa%20es%20el%20t%C3%A9rmino,tipo%20de%20disposici%C3%B3n%20espacial%20y>
- Ortiz, C. H. (2009). La desaceleración económica colombiana: se cosecha lo que se siembra. *Revista De Economía Institucional*, 11(21), 107–137. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0124-59962009000200008
- Pérez-Vera, O. A., Cibrián-Tovar, D. y T-Hanlin, R. (2018). Primera descripción de *Sclerotium coffeicola* en caoba africana en México [First description of *Sclerotium coffeicola* on African mahogany in Mexico]. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(2), 202–205. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.06.001>
- Pimentel Viera., M. F. (2017). *“Análisis de rendimientos y diseño de un modelo de cálculo para el control de la mano de obra en proyectos de riego en zona tropicales de la provincia de Chimborazo.”* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador]. [dspace.unach.edu.ec](http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3873)

- Pocomucha, V. S., Alegre, J. y Abregú, L. (2016). Análisis socio económico y carbono almacenado en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en huánuco. *Ecología Aplicada*, 15(2), 107. <https://doi.org/10.21704/rea.v15i2.750>
- Portillo, E., Martínez, E., Araujo, F., Parra, R. y Esparza, D. (1995). Diagnóstico técnico agronómico para el cultivo cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Sur del Lago de Maracaibo. *Facultad Agronómica (LUZ)*, 12(2), 151–166. https://www.revfacagronluz.org.ve/v12_2/v122z003.html
- Portuguez-García, M. P., Agüero-Alvarado, R. y González-Lutz, M. I. (2021). Actividad herbicida de tres productos naturales sobre cuatro especies de arvenses. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 991–999. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.41394>
- Posada, C. (2018). Productos orgánicos cobran mayor interés en mercados internacionales. *La Cámara*, 26, 20–22. https://apps.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r820_3/comercio%20exterior.pdf
- Ramírez, J. F., Fernandez, Y., González, P. J., Salazar, X., Iglesias, J. M. y Olivera, Y. (2015). Influencia de la fertilización en las propiedades físico-químicas de un suelo dedicado a la producción de semilla de *Megathyrus maximus*. *Pastos Y Forrajes*, 38(4), 393–402. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s0864-03942015000400002&script=sci_arttext&tlng=pt
- Reascos Pardo, J. L. y Castillo Criollo, F. (2019). Buenas prácticas agrícolas. *Observatorio De La Economía Latinoamericana*(marzo). <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/03/buenas-practicas-agricolas.html>
- Riascos Balarezo, J. E. (2016). *Control del manchado grano en el cultivo de arroz (Oriza sativa L.) con la aplicación fungicidas orgánicos e inorgánicos* [Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil, Ecuador]. [repositorio.ug.edu.ec. http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/13720](http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/13720)
- Ríos, C. A. y Rincón Villamizar, J. F. (2014). *Cálculo de la huella de carbono del proceso de cosecha de caña de azúcar* [Tesis de pregrado, Universidad Icesi, Santiago de Cali]. RIS.
- Rivera, M. (2015). *Cosecha y poscosecha de hortalizas: Guía para aprovechar un huerto orgánico y saludable*. https://alternativascc.org/wp-content/uploads/2018/05/cosecha-y-postcosecha_web-1.pdf
- Rivera Yepes, N. (2014). *Determinación de huella de carbono en la fase de mantenimiento y manejo, en la etapa productiva para el cultivo de proteas variedad (Leucadendron safari sunset), en la Vereda Carrizal Granada (Cundinamarca)* [Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada; Facultad de Ingeniería; Especialización en Planeación Ambiental y Manejo Integral de los Recursos Naturales, España]. [repository.unimilitar.edu.co. https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/12177](https://repository.unimilitar.edu.co/)
- Robles, E. R. y La Cruz, R. S. de. (2006). *Clasificación y uso de los herbicidas por su modo de acción*. Academia.
- Rodríguez (2017). Gestión de riesgos agropecuarios en el sector del cacao en Ecuador. *Revista de Investigación en Modelos Financieros*, 1, 57–74. <http://ojs.econ.uba.ar/index.php/rimf/article/view/1476>
- Rodríguez, J. y Álvarez, J. (2010). *Nutrición y fertilización de las plantaciones forestales*. Grafica LOM. <https://www.researchgate.net/profile/jose-alvarez->

106/publication/335149849_rodriguezalvarez_nutricion_fertilizacion_plantaciones_forestales_2010

- Rojas Ortíz, J. L. y Concha Peláez, A. M. (2015). *Diseño de experimento para el cálculo teórico de emisiones de CO2 generadas por cuatro tipos de preparación del suelo para un cultivo de caña de azúcar* [Tesis de pregrado, Universidad Icesi, Colombia]. repositorioslatinoamericanos.uchile.cl. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2934582>
- Rosales, V. Q., Quiñonez, M. B., Leverone, R. B. y Leverone, M. B. (2019). Factores productivos de la producción de cacao nacional de la Provincia del Guayas. *Espiraes Revista Multidisciplinaria De Investigación*, 3(31), 104–115. <https://doi.org/10.31876/er.v3i31.720>
- Rosati, G. (2018). Una aproximación a las trayectorias laborales de los trabajadores mecánicos y manuales en la cosecha algodonera: Chaco, Argentina. *Trabajo Y Sociedad*(30), 197–218.
- Ruiz-Jiménez, C. A., los Santos-Posadas, H. M. de, Parraguirre-Lezama, J. F. y Saavedra-Millán, F. D. (2018). Evaluación de la categoría de riesgo de extinción del cedro rojo (*Cedrela odorata*) en México. *Revista Mexicana De Biodiversidad*, 89(3). <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2192>
- Salgado-García, S. (2014). Qué hacer con la paja de la cosecha mecanizada de la caña de azúcar. *Agro Productividad*, 7(2). <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/506>
- Sánchez, Castañeda, R. y Castañeda S., M. (2016). Usos y potencialidad de la Higuera (Ricinus communis) en sistemas agroforestales en Colombia. *Pubvet*, 10(6), 507–512. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v10n6.507-512>
- Sánchez, K. A., Ruiz-Silvera, C. y Milla, M. (2001). *Almacenamiento de carbono por Gliricidia sepium en sistemas agroforestales de Yaracuy, Venezuela* 6. CATIE. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/51746.pdf#page=78>
- Sánchez Gutiérrez, F., Pérez-Flores, J., Obrador Olan, J. J., Sol Sánchez, Á. y Ruiz-Rosado, O. (2016). Árboles maderables en el sistema agroforestal de cacao en Cárdenas, Tabasco, México. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 7(SPE14), 2711–2723. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s2007-09342016001002711&script=sci_arttext
- Sandoval, E. Y. A., Merchán, P. J. A., Rodríguez, A. F. B., Díaz, E. P. y Serrano-Cely, P. A. (2020). Estado actual de la cacaocultura: una revisión de sus principales limitantes. *Revista Ciencia y Agricultura*, 17(2), 1–11. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7449578>
- Schnetzler Chauvaud, N. F. (2011). *Respiración de suelo en sistemas de cero labranza y labranza tradicional en condiciones de secano de la Región Metropolitana* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile, Santiago, Chile]. repositorio.uchile.cl. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112364>
- Shaxson, F. y Barber, R. (2005). *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal El significado de la porosidad del suelo. Boletín de Suelos: Vol. 79. FAO.* <https://www.fao.org/3/y4690s/y4690s0a.htm>
- Siller-Cepeda, J. H. (2002). *Manual de buenas prácticas agrícolas: guía para el agricultor, buenas prácticas agrícolas para frutas y hortalizas frescas* (No. 634.04 M3).

- Soria, E. G., La Garza Carranza, M. T. de, Farías, J. P. G. y Martínez, J. H. (2014). Análisis de los costos de producción de maíz en la Región Bajío de Guanajuato. *Análisis Económico*, 29(70), 145–156. <https://www.redalyc.org/pdf/413/41331851008.pdf>
- Sosa Rodrigues, B. A., Sanchez de Prager, M., García, Y., Espinoza, M., Rodriguez, J. y Sosa, G. (2019). Dinámica de nitrógeno del suelo en agroecosistemas bajo el efecto de abonos verdes. *Acta Agronómica*, 68(4), 257–264. <https://doi.org/10.15446/acag.v68n4.71963>
- Tercero, H. R. (2015). *Evaluación de los métodos manual y químico para el control de maleza en el crecimiento inicial de Melina (Gmelina arborea Roxb) en la hacienda Pizará, cantón Pedro Vicente Maldonado, provincia de Pichincha* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador]. dspace.espace.edu.ec. <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/3886>
- Terrero, P., Peñaherrera, S., Solís Hidalgo, Z. K., Vera, D., Navarrete Cedeño, J. B. y Herrera Défaz, M. A. (2018). *Compatibilidad in vitro de Trichoderma spp. con fungicidas de uso común en cacao (Theobroma cacao L.)*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5320>
- Thompson, J. F. (2011). Sistemas de cosecha. *Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas*, 75.
- Timaná Lazo, J. M. (2021). *Calidad alimentaria y satisfacción del cliente en la Empresa Cacao El Rey Industrias S.A.C., Tarapoto - 2020* [Tesis de maestría, Universidad César Vallejo; PE, Tarapoto, Perú]. repositorio.ucv.edu.pe. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/56190>
- Toledo Choque, A. (2005). *Efecto de la labranza sobre la producción, población de insectos y malezas en el cultivo de papa (solanum tuberosum spp. andigena), altiplano central* [Tesis de pregrado, Universidad Mayor De San Andrés, La Paz, Bolivia]. repositorio.umsa.bo. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/9892>
- Traver, D. B. (2015). *Evaluación de diferentes sistemas productivos en el cultivo del arroz: efectos en la dinámica de los herbicidas bentazona y MCPA, y sobre las emisiones de gases de efecto invernadero* [Tesis de pregrado, Universidad de Extremadura, España]. dialnet.unirioja.es. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=104153>
- Trelles Fernández, C. (2012). *Determinación de reservas de carbono en la biomasa bajo el suelo en cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en la provincia de Leoncio Prado* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria De La Selva, Tingo María - Perú]. [RIS. repositorio.unas.edu.pe](https://repositorio.unas.edu.pe). <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/unas/439>
- Trujillo Valero, J. A. (2013). *Desarrollo de un plan de negocio para la introducción y comercialización de un fungicida orgánico de extracto de camarón para el control de la Sigatoka negra en el cultivo de banano* [Tesis de postgrado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador]. 201.159.223.180. <http://201.159.223.180/handle/3317/1948>
- Veloz-Cordero, R. L. y Parada-Gutiérrez, O. (2021). Análisis socioeconómico de productores de cacao, localidad Guabito, provincia Los Ríos, Ecuador. *Ciencias Holguín*, 1(27), 1–17. <https://www.redalyc.org/journal/1815/181565709001/181565709001.pdf>
- Villacís Stacey, M. B. (2012). *Diseño de un sistema de riego por aspersión* [Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador]. repositorio.usfq.edu.ec. <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/1991>

- Villatoro, B., Barrera, C., Figueroa, A., Reyes, D., Samayoa, E., Ramos, M. y Guatemala, C. S. (2017). *Metodología para medir pérdidas visibles de caña en cosecha mecanizada*. Cengicaña. <https://cengicana.org/files/2018091909114753.pdf>
- Villegas Aguilar, P. J., Medina Álvarez, B. F., Posas del Río, Carlos Enrique de las y Bucki Wasserman, B. (2001). Preparación de carbones activados a partir de fuentes renovables. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 5. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/79741>
- Yescas, C. P., Segura, C., Martínez, C., Álvarez, R., Montemayor, T., Orozco, V. y Frías, R. (2015). Rendimiento y calidad de maíz forrajero (*Zea mays* L.) con diferentes niveles de riego por goteo subsuperficial y densidad de plantas. *Phyton (Buenos Aires)*, 84(2), 272–279. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=s1851-56572015000200003&script=sci_arttext&tlng=pt
- Zeledón Cruz, O. D. J., Chavarría González, Y. A. y García Rocha, R. D. (2014). *Efecto de tres métodos de fertilización orgánica en la producción de repollo (Brassica olerácea)* [Doctoral Dissertation]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Jinotega, Nicaragua. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3412/1/227168.pdf>