



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

“Evaluación de la sostenibilidad, eficiencia energética y agrobiodiversidad funcional de los sistemas de producción agrícolas presentes en la microcuenca del río Cutilcay”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero(a) Agrónomo(a)

Autores:

Karla Elizabeth Caldas Uyaguari

CI: 0106691058

Correo electrónico: karlacaldas003@gmail.com

Diego Rafael Cedillo Cardenas

CI: 0104423017

Correo electrónico: diegocedilloc@hotmail.com

Director:

Ing. Pedro René Zea Dávila M.Sc.

CI:0102198207

Cuenca, Ecuador

11 de mayo de 2020



RESUMEN

La sostenibilidad, eficiencia energética y agrobiodiversidad son temas que están en el centro de las discusiones actuales en los campos político, económico, social y ambiental y para su análisis se necesita una visión integral y multidisciplinaria. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar la sostenibilidad, eficiencia energética y agrobiodiversidad funcional de los sistemas de producción agrícola, a través de la medición de indicadores establecidos por Altieri y Nicholls (2002), Denoia y Montico (2010) y Leyva y Lores (2012). La investigación caracterizó a una población de 204 sistemas de producción agrícola en la microcuenca del río Cutilcay, cantón Paute, sur del Ecuador, conocida a nivel provincial por ser una zona con alta producción frutícola y hortícola. La metodología empleada se basó en el levantamiento de información mediante encuestas estructuradas aplicadas a los propietarios de los sistemas de producción y observaciones y/o mediciones directas a través de recorridos por la finca. En cuanto a los resultados, los sistemas de producción presentaron en promedio una sostenibilidad de 7, eficiencia energética de 2 y en el índice de agrobiodiversidad un valor medio de 0.18, siendo esta última variable la única que no alcanzó valores óptimos de acuerdo al umbral establecido. Los sistemas evaluados fueron agrupados en cuatro tipos de producción: frutícola, mixto, hortícola y bajo cubierta, los cuales presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) con relación a las variables estudiadas. Respecto a esto, los tipos de producción frutícola y mixto obtuvieron los mejores valores a diferencia del tipo de producción bajo cubierta que presentó los valores más bajos.

Palabras claves: Microcuenca hidrográfica, Sistema de producción, Sostenibilidad, Eficiencia energética, Agrobiodiversidad funcional.



ABSTRACT

Sustainability, energy efficiency and agrobiodiversity are topics that are at the center of current discussions in the political, economic, social and environmental fields and for their analysis, a comprehensive and multidisciplinary vision is needed. This study aimed to characterize the sustainability, energy efficiency and functional agrobiodiversity of agricultural production systems, through the measurement of indicators established by Altieri and Nicholls (2002), Denoia and Montico (2010) and Leyva and Lores (2012). The research characterized a population of 204 agricultural production systems in the Cutilcay river microbasin, Paute canton, southern Ecuador, known at the provincial level for being an area with high fruit and vegetable production. The methodology used was based on gathering information through structured surveys applied to the owners of the production systems and direct observations and/or measurements through tours of the farm. Regarding the results, the production systems presented an average of 7 sustainability, 2 energy efficiency and an average value of 0.18 in the agrobiodiversity index, the latter being the only variable that did not reach optimal values according to the established threshold. The evaluated systems were grouped into four types of production: fruit, mixed, horticultural and indoor, which presented significant differences ($P < 0.05$) in relation to the variables studied. Regarding this, the types of fruit and mixed production obtained the best values unlike the type of production under cover that presented the lowest values.

Keywords: Hydrographic basin, Production system, Sustainability, Energy efficiency, Functional agrobiodiversity



ÍNDICE DEL TRABAJO

LISTA DE TABLAS	6
LISTA DE GRÁFICOS	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE ANEXOS	9
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA	10
AGRADECIMIENTOS	15
DEDICATORIA	19
1. INTRODUCCIÓN	20
2. JUSTIFICACIÓN	23
3. OBJETIVOS	24
3.1. Objetivo general	24
3.2. Objetivos específicos	24
4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	24
5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	25
5.1. Sistema de producción	25
5.2. Sostenibilidad	25
5.2.1. Umbral de integridad ecológica	26
5.2.2. Faros agroecológicos	26
5.3. Eficiencia energética	27
5.4. Agrobiodiversidad funcional	27
6. MATERIALES Y MÉTODOS	29
6.1. Área de estudio	29
6.1.1. Ubicación geográfica del área de estudio	30
6.1.2. Suelos	30
6.1.3. Ecología	31
6.1.4. Aspectos socio-económicos	31



6.2.	Selección de la muestra	32
6.3.	Levantamiento de información	34
6.4.	Metodología para el objetivo específico uno	35
6.5.	Metodología para el objetivo específico dos.....	37
6.6.	Metodología para el objetivo específico tres:.....	40
6.7.	Análisis de datos	42
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
7.1.	Tipología de los sistemas de producción	43
7.2.	Caracterización de las variables	44
7.3.	Sostenibilidad de los sistemas de producción agrícolas	45
7.3.1.	Calidad del suelo	45
7.3.2.	Salud del cultivo	46
7.3.3.	Comparación entre los tipos de producción	48
7.4.	Eficiencia energética de los sistemas de producción agrícolas.....	52
7.4.1.	Comparación entre los tipos de producción	54
7.5.	Agrobiodiversidad funcional de los sistemas de producción agrícolas	58
7.5.1.	Comparación entre los tipos de producción	62
7.6.	Correlaciones entre las variables en estudio.....	64
7.7.	Consideraciones finales de los tipos de producción con relación a las variables estudiadas.....	66
8.	CONCLUSIONES	68
9.	RECOMENDACIONES	69
10.	BIBLIOGRAFÍA.....	69
11.	ANEXOS.....	87



LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Unidades geomorfológicas.....	33
Tabla 2 Muestra correspondiente a cada estrato	34
Tabla 3 Contenido energético de los insumos empleados y de las actividades realizadas en el proceso productivo (ingreso de energía).....	38
Tabla 4 Contenido energético de los productos cultivados en la microcuenca del río Cutilcay	38
Tabla 5 Clasificación de la agrobiodiversidad según su función.....	40
Tabla 6 Prueba de normalidad para las variables en estudio.	45
Tabla 7 Prueba de Kruskal-Wallis para los tipos de producción agrícolas con relación a la variable sostenibilidad.	49
Tabla 8 Valores totales y sus proporciones sobre los ingresos de energía anual utilizados en los sistemas de producción agrícola.....	53
Tabla 9 Prueba de Kruskal-Wallis para los tipos de producción agrícolas con relación a la variable eficiencia energética.....	55
Tabla 10 Valores del índice y subíndices de agrobiodiversidad de los tipos de producción agrícolas.	61
Tabla 11 Prueba de Kruskal-Wallis para los tipos de producción agrícolas con relación a la variable agrobiodiversidad funcional.....	63
Tabla 12 Matriz de correlaciones de Spearman entre las variables estudiadas.	65



LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Porcentaje de los sistemas de producción de la microcuenca del río Cutilcay presentes en cada tipo de producción.....	44
Gráfico 2 Gráfico radial para representar la calidad del suelo de los tipos de producción agrícolas de la microcuenca del río Cutilcay.	46
Gráfico 3 Gráfico radial para representar la salud del cultivo de los tipos de producción agrícolas de la microcuenca del río Cutilcay.	47
Gráfico 4 Sostenibilidad de los 204 sistemas de producción agrícolas y porcentaje de los mismos bajo el umbral, sobre el umbral y aquellos considerados faros agroecológicos.....	48
Gráfico 5 Medianas de la variable sostenibilidad \pm errores estándar de cada tipo de producción agrícola. Letras diferentes significan diferencias significativas.	50
Gráfico 6 Balance energético de los 204 sistemas de producción agrícolas.....	52
Gráfico 7 Medianas de la variable eficiencia energética \pm errores estándar de cada tipo de producción agrícola. Letras diferentes significan diferencias significativas.	55
Gráfico 8 Componentes energéticos de los cuatro tipos de producción agrícola.	57
Gráfico 9 Porcentaje de familias encontradas en los sistemas de producción de la microcuenca del río Cutilcay.....	59
Gráfico 10 Medianas de la agrobiodiversidad funcional \pm errores estándar de los tipos de producción agrícolas. Letras diferentes significan diferencias significativas.....	63
Gráfico 11 Correlación entre la sostenibilidad y eficiencia energética de los sistemas de producción agrícolas evaluados en la microcuenca del río Cutilcay.	66
Gráfico 12 Medianas de cada variable estudiada correspondiente a los tipos de producción agrícolas de la microcuenca del río Cutilcay.	67



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la microcuenca del río Cutilcay y sus parroquias (Bulán - Paute) a nivel nacional y en la cuenca del río Paute.	30
Figura 2. Tipos de suelo presentes en la microcuenca del río Cutilcay.....	31
Figura 3. Muestra tomada en los 204 sistemas de producción agrícola de la microcuenca del río Cutilcay.....	35



LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Unidades geomorfológicas de la microcuenca del río Cutilcay.	87
Anexo 2: Diseño de la encuesta aplicada.	88
Anexo 3: Datos de los propietarios de los sistemas de producción de microcuenca del río Cutilcay.	96
Anexo 4: Microcuenca del río Cutilcay.....	100
Anexo 5: Tipo de producción hortícola (papa).....	101
Anexo 6: Tipo de producción hortícola (zanahoria).....	102
Anexo 7: Tipo de producción hortícola (varios).	102
Anexo 8: Tipo de producción frutícola en asocio con gramíneas.	103
Anexo 9: Tipo de producción frutícola con cubierta vegetal.	103
Anexo 10: Tipo de producción frutícola con suelo descubierto.....	104
Anexo 11: Tipo de producción mixto (frutícola y zanahoria).....	104
Anexo 12: Tipo de producción mixto (frutícola y bajo cubierta).....	105
Anexo 13: Tipo de producción mixto (frutícola, papa y maíz).....	105
Anexo 14: Tipo de producción bajo cubierta.	106
Anexo 15: Problemas identificados en la microcuenca del río Cutilcay.....	107



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

EE: Egreso de energía

Ef. E: Eficiencia energética

IAVA: Biodiversidad para la alimentación del suelo

ICOM: Biodiversidad complementaria

IDA: Índice de Agrobiodiversidad

IE: Ingreso de energía

IFE: Biodiversidad para la alimentación animal

IFER: Biodiversidad para la alimentación humana



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Karla Elizabeth Caldas Uyaguari en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la sostenibilidad, eficiencia energética y agrobiodiversidad funcional de los sistemas de producción agrícolas presentes en la microcuenca del río Cutilcay", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 11 de mayo de 2020

Karla Elizabeth Caldas Uyaguari

C.I: 0106691058



Cláusula de Propiedad Intelectual

Karla Elizabeth Caldas Uyaguari autora del trabajo de titulación “Evaluación de la sostenibilidad, eficiencia energética y agrobiodiversidad funcional de los sistemas de producción agrícolas presentes en la microcuenca del río Cutilcay”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 11 de mayo de 2020

Karla Elizabeth Caldas Uyaguari

C.I: 0106691058



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Diego Rafael Cedillo Cardenas en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la sostenibilidad, eficiencia energética y agrobiodiversidad funcional de los sistemas de producción agrícolas presentes en la microcuenca del río Cutilcay", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 11 de mayo de 2020

Diego Rafael Cedillo Cardenas

C.I: 0104423017



Cláusula de Propiedad Intelectual

Diego Rafael Cedillo Cardenas autor del trabajo de titulación "Evaluación de la sostenibilidad, eficiencia energética y agrobiodiversidad funcional de los sistemas de producción agrícolas presentes en la microcuenca del río Cutilcay", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 11 de mayo de 2020

Diego Rafael Cedillo Cardenas

C.I: 0104423017



**UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE AGRONOMIA.**

TESIS:

“EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD, EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AGROBIODIVERSIDAD FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLAS PRESENTES EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CUTILCAY”, realizada por los señores: Karla Elizabeth Caldas Uyaguari y Diego Rafael Cedillo Cárdenas.

Presentada al honorable tribunal de calificación, como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

El Tribunal de Tesis de Grado certifica que fue aprobada la presente investigación.

Ing. Fernando Bermúdez. PhD. MSc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Oswaldo Jadán. M. MSc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL


Ing. Hugo Cedillo T. Mgts.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Agr. Pablo Borja R. PhD.

Delegado del Departamento de Estadística.

Certifica: que la tesis titulada: **“EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD, EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AGROBIODIVERSIDAD FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLAS PRESENTES EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CUTILCAY”**, de autoría de los señores: Karla Elizabeth Caldas Uyaguari y Diego Rafael Cedillo Cárdenas, egresados de la Carrera de Agronomía, ha sido revisada en la parte estadística, y aprobada.



Ing. Agr. Pablo Borja R. PhD.

DELEGADO DE ESTADÍSTICA.



Ing. Agr. Pedro Zea D. Mgts.

Director de Tesis.

Certifica: haber revisado y corregido el presente trabajo de investigación titulado: **“EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD, EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AGROBIODIVERSIDAD FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLAS PRESENTES EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CUTILCAY”**, de autoría de los señores: Karla Elizabeth Caldas Uyaguari y Diego Rafael Cedillo Cárdenas, egresados de la Carrera de Agronomía, el mismo que ha sido correctamente elaborado, y cumple con el reglamento de grado y títulos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca.

Ing. Agr. Pedro Zea D. Mgts.

DIRECTOR DE TESIS.



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por ser la guía en el transcurso de nuestra vida, brindándonos paciencia y sabiduría para culminar con éxito nuestras metas propuestas.

A nuestros padres, por habernos dado la oportunidad de formarnos en esta prestigiosa universidad y haber sido nuestro apoyo durante todo este tiempo.

A las y los productores que contribuyeron con su voluntad, dedicación, tiempo y sin mezquindad compartieron sus conocimientos para alcanzar los objetivos de este trabajo, principalmente al señor Wilmer Orellana, quien sirvió de guía y apoyo.

De manera especial a nuestro tutor Ing. Pedro Zea M.Sc., por habernos guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de la carrera universitaria y a todos los docentes por habernos brindado el apoyo para desarrollarnos profesionalmente y haber inculcado grandes valores.

Karla Caldas, Diego Cedillo



DEDICATORIA

Hay muchas personas cuyo discernimiento, perspectiva, compañía y aliento fueron de gran importancia, a todas ellas.

Especialmente a mi padre, por inculcarme el hábito de la lectura y darme los libros adecuados en los momentos precisos y a mi madre, por enseñarme a dar lo mejor de mí.

A mis hermanos, por ser mi alegría y diversión en todo momento y por su apoyo incondicional.

A mis abuelos, por siempre confiar en mí y haberme inculcado valores como el respeto y la humildad.

A mi tía, Martha, por la motivación y el apoyo brindado a lo largo de mi vida.

Karla Caldas

A Dios por darme la vida, salud y la fuerza necesaria para alcanzar mis metas propuestas y objetivos de vida.

A mis padres, Esperanza y Max, por todo el apoyo incondicional que me han brindado y que han sido un pilar fundamental en mi desarrollo personal y académico.

A mis hermanas Diana y Mari por la motivación y el sincero apoyo que me han brindado de la manera más sincera y desinteresada.

A mis sobrinos Tony y Juan David por la alegría que me comparten.

Diego Cedillo



1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia la agricultura ha sido la actividad principal para la supervivencia y el bienestar de la humanidad. Sin embargo, las crecientes actividades humanas sobre la capacidad de la Tierra y el incremento de la población mundial, han promovido que en diversas partes del mundo ésta no cumpla su función vital de alimentar a la población (Cerfontaine et al., 2014 y FAO, 2015). La agricultura depende de la base de los recursos naturales, pero es evidente que también puede contribuir a su deterioro, debido a que los nuevos modelos de producción presentan un aumento de los costos ambientales (SAN, 2010).

Estos modelos aplicados para suplir las necesidades humanas han desarrollado un manejo o gestión de altos insumos, el cual ha provocado un aumento significativo en la productividad agrícola (Silva y Ramírez, 2017). Esto es posible mediante el incremento de la energía proveniente de combustibles de origen fósil (maquinaria y agroquímicos), la expansión de técnicas agro productivas convencionales como el monocultivo, reemplazo de variedades nativas por variedades comerciales y la expansión de la frontera agrícola (Rizo, et al., 2017).

Sin embargo, este modelo de producción agrícola dominante basado en la “Revolución verde” está provocando una profunda crisis ecológica de escala mundial. Causando el acelerado cambio climático y calentamiento global, que trae consecuencias negativas para los ecosistemas como la pérdida de biodiversidad (Reid et al., 2005). En este sentido, se afirma que mientras más homogéneo sea un sistema, mayor es su vulnerabilidad a plagas, enfermedades y a modificaciones en los flujos de nutrientes, de energía y los ciclos biogeoquímicos (Martínez, 2009).

De manera análoga el paisaje agrario del Ecuador se caracteriza por el dominio de monocultivos de unas pocas especies agrícolas (Añazco, 2018). Así mismo, el GAD Bulán (2012) y Alvarado et al. (2005) mencionan que en la microcuenca del río Cutilcay existe causas como deforestación



de bosques nativos, avance sin control de la frontera agrícola y el uso inadecuado del suelo y de prácticas agropecuarias que provocan ciertos impactos ecológicos negativos a nivel económico y social con detrimento en la calidad de vida de los productores rurales y comunidades circundantes (HEIFER, 2014).

Esta problemática ambiental y social genera nuevos retos como la necesidad de evaluar la eficiencia de los sistemas de producción agrícolas en un contexto de sostenibilidad, sin desdeñar el conocimiento campesino, tradicional o local (Martínez, 2009). Se han venido desarrollando en los últimos años diferentes estudios que incorporan un enfoque de la agricultura ligado al entorno natural y más sensible socialmente, centrada en una producción sostenible con mínima dependencia de altos insumos de energía, manteniendo la diversidad y productividad (Leff, 2000).

Estudios realizados en la parroquia San Joaquín, mostraron que las fincas hortícolas superan el umbral de sostenibilidad (5) de suelo y cultivo, sin embargo, existen indicadores que evidenciaron un déficit, tales como la diversidad natural circundante, donde el 97% de fincas tienen valores menores a 5 (Chilpe, 2018 y Sánchez, 2017).

Estudios bajo parámetros agroecológicos en la parroquia San Joaquín, provincia del Azuay, presentan alta dependencia de insumos externos para la producción (Mejía, 2014). También se afirma que los mayores insumos corresponden a los abonos orgánicos, plántulas y semillas (Chilpe, 2018).

Un estudio de caso realizado en el departamento de Caldas, Colombia, indicó que las fincas cafeteras orgánicas en comparación con los sistemas de producción convencional poseen mayor agrobiodiversidad, lo que muestra que las fincas con mayor promedio de especies son más integrales y diversificadas (León, 2006). Acuña (2015) afirma que los sistemas de producción mixtos familiares orgánicos poseen valores elevados de agrobiodiversidad.



Si bien la provincia del Azuay y particularmente el cantón Cuenca, cuenta con información de investigaciones realizadas bajo principios agroecológicos en escenarios campesinos como la parroquia San Joaquín, se evidencia que existe aún carencia de investigaciones que analicen los sistemas productivos agrícolas desde una visión holística del desarrollo agrario sostenible a partir de la visión in situ de los actores involucrados. Además, se infiere que no existe estudios que, mediante indicadores, aporten información sobre el estado de los sistemas de producción agrícolas en la microcuenca del río Cutilcay, los cuales brindarían el acercamiento necesario a la realidad en que se encuentra la sostenibilidad, eficiencia energética y agrobiodiversidad funcional de dichos sistemas.

Por lo anterior, el presente proyecto de investigación trazó como objetivo principal: Caracterizar la sostenibilidad, eficiencia energética y agrobiodiversidad funcional de los sistemas de producción agrícolas presentes en la microcuenca del río Cutilcay, a través de la medición de indicadores de sostenibilidad, eficiencia energética y agrobiodiversidad.



2. JUSTIFICACIÓN

Es evidente que ante la crisis de sostenibilidad socio ambiental que se está viviendo en muchos sistemas de producción agrícolas (CATIE, 2004), se tiene la necesidad de encontrar un modelo ideal para una agricultura de bajo impacto ambiental, el cual maximizará la producción en igual o menor superficie de la existente. Este modelo se lo realizará con menos insumos externos para lograr la sostenibilidad agraria (Barrezueta, 2015), ya que las buenas prácticas utilizadas en la agricultura son más eficientes cuando se desarrollan de manera integral y complementaria (FAO, 2016).

Para lograr el mantenimiento de los recursos naturales, la diversificación espacial y temporal del cultivo, el uso racional de la energía y la integración entre la producción animal y vegetal, es necesario realizar un diagnóstico sistémico de los sistemas de producción (Gutiérrez et al., 2007). Esto se lo realiza contabilizando el empleo de energía a través de los insumos utilizados para lograr una producción estable en el tiempo. También se lo logra, midiendo la sostenibilidad para establecer el estado actual de los sistemas de producción (Altieri y Nicholls, 2002; Denoia y Montico, 2010). Además, se lo puede lograr evaluando la agrobiodiversidad funcional del agroecosistema, por ser un indicador del funcionamiento y de los procesos ecosistémicos. Esto con la finalidad de establecer un acercamiento al desarrollo sostenible en el sector agrario, desde un enfoque agroecológico (Salas, 2009).

Por lo expuesto, este proyecto de investigación presenta la realidad productiva de los sistemas de producción agrícola de la microcuenca del río Cutilcay con base en indicadores de sostenibilidad, eficiencia energética y agrobiodiversidad. Así esta información se convierte en una herramienta de análisis que determina el estado de los sistemas de producción y de la microcuenca en estudio. De esta forma se recomienda las mejores prácticas para el desarrollo de un modelo de sistema de producción agrícola viable a través del tiempo mejorando la calidad de vida de la población.



3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Caracterizar la sostenibilidad, eficiencia energética y agrobiodiversidad funcional de los sistemas de producción agrícolas presentes en la microcuenca del río Cutilcay, a través de la medición de indicadores de sostenibilidad, eficiencia energética y agrobiodiversidad.

3.2. Objetivos específicos

- Calcular la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícolas mediante indicadores cuantitativos.
- Caracterizar la eficiencia energética de los sistemas de producción agrícolas.
- Cuantificar la agrobiodiversidad funcional de los sistemas de producción agrícolas.

4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el comportamiento de los sistemas de producción dentro de la microcuenca del río Cutilcay, de acuerdo a la sostenibilidad, eficiencia energética y agrobiodiversidad funcional de los mismos?



5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

5.1. Sistema de producción

Al sistema de producción se le define como una herramienta teórica para facilitar un análisis minucioso de una realidad compleja (Scalone, 2007). Bajo este punto de vista se tiene en cuenta que el sistema de producción es “El conjunto estructurado de actividades agrícolas, pecuarias y no agropecuarias, establecido por un productor y su familia para garantizar la reproducción de su explotación, resultado de la combinación de los medios de producción (tierra y capital) y de la fuerza de trabajo disponibles en un entorno socioeconómico y ecológico determinado” (Guzmán, 2016).

5.2. Sostenibilidad

Según Acuña (2015) a lo largo de la historia se han desarrollado varias definiciones de sostenibilidad, en donde, algunos incluyen conceptos específicos y otros muy generales, lo que ha conllevado a diferentes interpretaciones. Por esta razón, la FAO (1995) considerando las características específicas de la agricultura como sector proveedor de alimentos y altamente dependiente de los recursos naturales en sus operaciones, define a la agricultura sostenible como aquella que garantiza la satisfacción de las necesidades nutricionales básicas de las generaciones actuales y futuras, y aporta diversos beneficios económicos, sociales y ambientales.

La agricultura sostenible también proporciona empleo duradero, ingresos suficientes y condiciones de vida y trabajo dignos para todos los involucrados en la producción agrícola (FAO, 1995). Mantiene y, siempre que es posible, mejora la capacidad productiva de la base de los recursos renovables, sin perturbar el funcionamiento de los ciclos ecológicos y los equilibrios naturales esenciales, ni destruir las características socioculturales de las comunidades rurales, ni contaminar el medio ambiente (Martínez, 2009).



Cuando se evalúa la sostenibilidad es importante definir los principales atributos asociados a ella y la correcta definición de adecuados criterios e indicadores (Guzmán, 2016). A las variables para medir o evaluar la sostenibilidad de los sistemas de producción se les conocen como indicadores. Los cuales están planteados de acuerdo a los atributos de sostenibilidad. Por consiguiente, se define al indicador como una variable, seleccionada y cuantificada que hace clara una tendencia que de otra forma no es fácil detectar (Ríos, 2009).

Altieri y Nicholls (2002) proponen indicadores de calidad de suelo y salud de cultivo. Estos permiten evaluar el estado de los mismos a través de observaciones y mediciones que indican si el suelo es sano y productivo o si se encuentra degradado. Y de acuerdo al cultivo la apariencia de este, el nivel de incidencia de enfermedades, la tolerancia del cultivo al estrés y a las malezas, así como rendimiento potencial y otros aspectos relacionados al cultivo.

5.2.1. Umbral de integridad ecológica

El umbral de integridad ecológica es definido como un rango de valores deseados para un grupo de indicadores seleccionados, el cual debe ser mantenido para un correcto funcionamiento del agroecosistema (Altieri et al., 2012). El uso de niveles de umbrales sirve para definir el valor mínimo de un indicador sobre el cual comienza una tendencia hacia la sostenibilidad (Gómez et al. 1996).

5.2.2. Faros agroecológicos

Los faros agroecológicos son sistemas donde el manejo del agua, residuos sólidos y manejo de suelos y coberturas presentan las mejores condiciones, propiciando interacciones y sinergismos ecológicos que expresan un adecuado funcionamiento del sistema productivo (Loaiza et al., 2014). También se consideran centros o fincas donde se comparten conocimientos técnicos y procesos agroecológicos para guiar a los productores locales hacia el diseño de sistemas agrarios más sostenibles (Castoldi y Bechini, 2010).



5.3. Eficiencia energética

El uso eficiente de los recursos y energía son los principales requisitos para una producción ecoeficiente y sostenible en la agricultura (Kizilaslan, 2009). Por lo cual, la eficiencia energética es el consumo inteligente de la energía. Las fuentes de energía son finitas y su correcta utilización se presenta como una necesidad del presente para que se pueda disfrutar de ellas en un futuro (Arrúe et al., 2011).

La agricultura es altamente dependiente de la energía proveniente de los recursos fósiles (Vega-Charpentier, 2015). Todos sus eslabones de producción demandan de insumos de energía, por tanto, la comprensión de los flujos y balances de energía es un elemento fundamental para lograr la sostenibilidad energética, importante tanto por razones económicas como ecológicas y sociales (Viera y Escobar, 2015).

Un método ampliamente aplicado para evaluar la eficiencia energética de los sistemas de producción agrícolas es el análisis de la producción de energía (Kizilaslan, 2009). En este método, todos los insumos agrícolas y la producción se multiplican por factores de conversión ya establecidos para aproximar la energía de entrada y salida. Este método se ha aplicado a escalas globales, nacionales y regionales para analizar la eficiencia del uso de energía de varios productos agrícolas. Una vez que las entradas y salidas se transforman en unidades de energía, se pueden derivar indicadores tales como la eficiencia del uso de energía, la productividad de la energía, la energía específica y la energía neta (Bojacá et al., 2012).

5.4. Agrobiodiversidad funcional

El griego Theophrastus probablemente dio el primer paso hacia la idea de la diversidad funcional, 300 a.C., en investigaciones sobre las plantas (Laureto et al. 2015). El rol de la diversidad funcional en los agroecosistemas ha sido revalorizado en los últimos años debido a que realiza servicios que van más allá de la producción de alimentos (Swift et al., 2004).



Algunos ejemplos de los servicios ecológicos que brinda son el ciclado de nutrientes, la regulación biótica, el mantenimiento del ciclo hidrológico, la polinización, entre otros (UNEP, 2000).

Se sabe que la diversidad per-se no es necesariamente un parámetro que puede indicar la agrobiodiversidad funcional y ésta no es suficiente para la evaluación de los procesos al interior de un ecosistema o hábitat. Por esto se ha propuesto que la agrobiodiversidad funcional puede ser un mejor indicador sobre el funcionamiento y los procesos de un ecosistema, ya que es una posible herramienta para predecir las consecuencias funcionales de los cambios bióticos causados por la actividad humana (Díaz y Cabido, 2001).

La diversidad funcional es definida como aquellos componentes (grupos funcionales) de la diversidad que afectan la forma en que un ecosistema funciona u opera y permite estimar indirectamente la presencia de los procesos ecológicos que favorecen la regulación del agroecosistema (Iermanó et al., 2017). Un grupo funcional está conformado por especies que utilizan recursos similares y parten de la clasificación funcional, en la cual se basan de su significancia para las relaciones de los organismos con su entorno abiótico y biótico (Díaz et al., 2002).

El principal mecanismo que puede explicar el papel de la diversidad funcional en la dinámica de un ecosistema, es el efecto de selección. El cual dice que, a mayor diversidad, mayor es la probabilidad de encontrar especies con atributos de particular importancia que puedan afectar el funcionamiento del ecosistema. El efecto de selección se da por el efecto de complementariedad y/o el de redundancia (Díaz y Cabido, 2001).

Debido a la inexistencia de métodos para la evaluación de la agrobiodiversidad desde una perspectiva funcional del comportamiento espacial y temporal de las especies, desde un enfoque sistémico y considerando su impacto socioeconómico y ecológico en la sostenibilidad

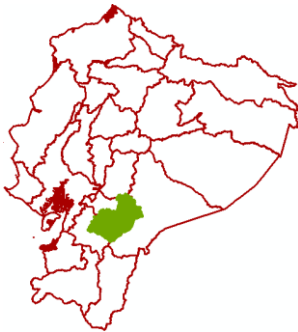
de los agroecosistemas, se planteó el empleo de cuatro nuevos subíndices para evaluar la agrobiodiversidad funcional (**IDA**): Biodiversidad para la alimentación humana (**IFER**); Biodiversidad para la alimentación animal (**IFE**); Biodiversidad para la alimentación del suelo (**IAVA**) y Biodiversidad complementaria (**ICOM**) (Leyva y Lores, 2012).

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Área de estudio

La microcuenca del río Cutilcay está ubicada en la zona sur del Ecuador, en la parte noroccidental del cantón Paute, al oriente de la provincia del Azuay, a 45 km de la ciudad de Cuenca. Su altitud está entre los 2200 y los 3500 m.snm. Hidrográficamente forma parte de la cuenca del río Paute, posee una extensión de 5078 ha y una longitud de 13 km. (Padilla, S.F.).

Ecuador continental



Cuenca del Paute



Microcuenca del río Cutilcay

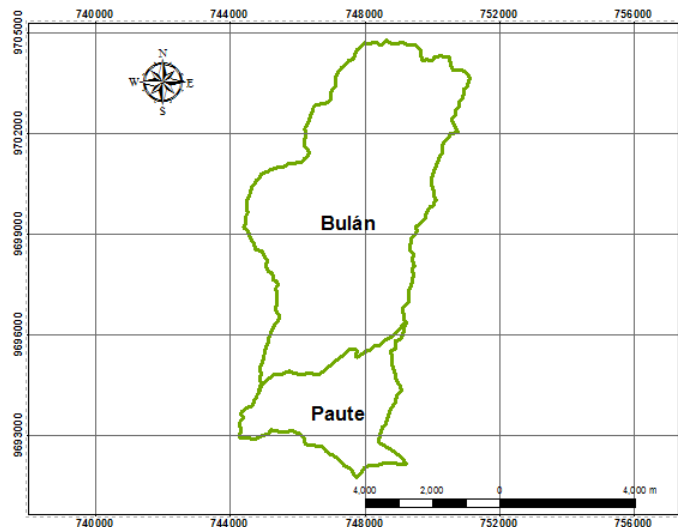


Figura 1. Localización de la microcuenca del río Cutilcay y sus parroquias (Bulán - Paute) a nivel nacional y en la cuenca del río Paute.

Fuente: IGM.

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

6.1.1. Ubicación geográfica del área de estudio

Y máx: 9704835.321m.

X min: 250073.8788m

X máx: 255104.6045m

Y min: 9691324.681m

(Alvarado et al., 2005)

6.1.2. Suelos

La microcuenca del río Cutilcay cuenta con varios tipos de suelo principalmente arcillosos (Calvache, 2015). Estos varían de acuerdo a la naturaleza de los elementos que inciden en las propiedades de saturación, retención de líquidos, materia orgánica, partículas finas y gruesas, etc. La mayoría de ellos son aprovechados para los procesos productivos (Bravo et al., 2015; GAD Bulán, 2012), y según el sistema de clasificación de la US Soil Taxonomy, los tipos de suelo presentes en la microcuenca son: alfisoles, entisoles, inceptisoles y vertisoles (GAD Paute, 2014; SIGTIERRAS, 2017) (**Figura 2**).

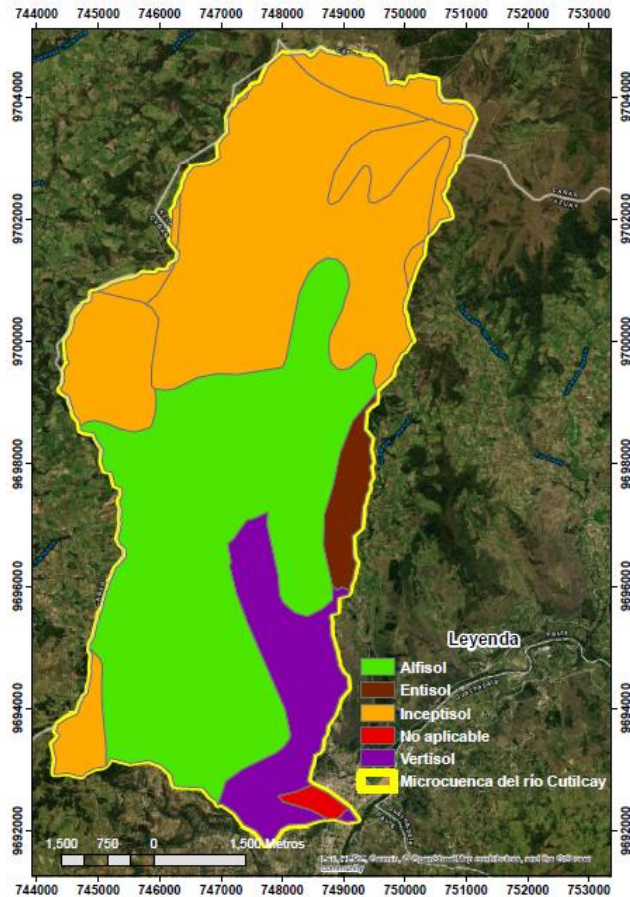


Figura 2. Tipos de suelo presentes en la microcuenca del río Cutilcay.

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

6.1.3. Ecología

La microcuenca del río Cutilcay se caracteriza por presentar dos tipos de ecosistemas: páramo húmedo y vegetación húmeda interandina (GAD Bulán, 2012). El clima es templado a más del subtropical en las partes bajas y del frío en las alturas. Las temperaturas medias mensuales se encuentran entre 15.2 °C y 18.6 °C, siendo los meses más fríos los de junio y julio y los más calientes noviembre y diciembre (Garzón y Lucero, 2018).

6.1.4. Aspectos socio-económicos

La población económicamente activa (PEA) de la microcuenca del río Cutilcay está relacionada a actividades como la agricultura, ganadería, silvicultura, e industrias manufactureras (INEC, 2010). La microcuenca es conocida en el territorio por ser una de las



principales proveedoras de productos frutícolas para el cantón y la provincia. De acuerdo al censo 2010, el 77.80% de su población económicamente activa se dedica a actividades agropecuarias (Segarra, 2019).

6.2. Selección de la muestra

Para la identificación y selección de los sistemas de producción agrícolas, se procedió a obtener información georreferenciada de los catastros prediales correspondientes a la microcuenca del río Cutilcay, en el GAD de Paute, departamento de avalúos y catastros. Aquí se obtuvo un total de 871 terrenos georreferenciados, los cuales representaron el universo de la población para el cálculo del tamaño de la muestra.

Para calcular el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula propuesta por Morales (2012):

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2(N-1)}{z^2pq}} \quad n = \frac{871}{1 + \frac{0.06^2(871-1)}{1.96^2 * 0.50 * 0.50}} = 204$$

n= Tamaño de la muestra que deseamos conocer

N=Tamaño conocido de la población (universo)

z= Nivel de confianza

e= Margen de error

p= Probabilidad de éxito

q= Probabilidad de fracaso

N= 871
z= 95% (1.96)
e= 6% (0.06)
p= 0.50
q= 0.50

Para determinar la muestra de la investigación con un nivel de confianza del 95%, se adoptó un margen de error del 6% (0.06) y, como no existen datos previos, se estimó una proporción de cumplimiento del 50% (0.50). Con estas premisas, el tamaño muestral fue de 204 sistemas de producción agrícola.

Debido a que es de interés que en la muestra estén representados los tipos de cultivo (anual o perenne). Es necesario aplicar los tres parámetros establecidos en los objetivos a cada uno de



ellos para obtener un diagnóstico fiable de cada sistema de producción. Para esto se empleó como variable de estratificación la unidad geomorfológica (*Tabla 1*) (*Anexo 1*), ya que cada unidad geomorfológica determina que actividades se pueden realizar en la zona.

Tabla 1 *Unidades geomorfológicas*

Unidad geomorfológica	Porcentaje de pendiente y altura predominante	Actividades
Vertientes irregulares	Pendientes entre 25 y 30%; altura entre 2400 y 2800 m s.n.m.	Ganadería, plantaciones de frutales, cultivos asociados de maíz y fréjol y siembra de pastos.
Relieve montañoso	Pendiente entre 15 y 30%; altura entre 2800 y 3000 m s.n.m.	Ganadería, cultivo de papa y plantaciones forestales.
Terraza baja	Pendientes entre 5 y 10%; altura entre 2100 y 2450 m s.n.m.	Plantaciones de frutales perennes y caducifolios, cultivo de granos y cultivo intensivo de tomate riñón bajo invernadero.
Relieve escarpado	Pendientes entre 20 y 30%; altura entre 3150 y 3500 m s.n.m.	Ganadería y plantaciones forestales.
Colinas medianas	Pendientes entre 10 y 20%; alturas mayores a 3500 m s.n.m.	Ganadería, cultivo de papa y zanahoria.
Vertiente cóncava	Pendientes entre 15 y 20%; altura entre 1750 y 3000 m s.n.m.	Ganadería, cultivos forestales, cultivos asociados de maíz y frejol.
Vertiente convexa	Pendientes mayores al 30%; altura entre 2450 y 2850 m s.n.m.	Ganadería, plantaciones de frutales caducifolios, cultivos asociados de maíz y frejol, cultivos de pastos e invernaderos de babaco.
Talud de derrubios	Pendientes entre 7 y 80%; altura entre 2670 y 2900 m s.n.m.	Cultivos asociados de maíz y frejol, cultivos de pasto y plantaciones forestales.

Fuente: PDOT Paute, 2015

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

De acuerdo al método de muestreo aleatorio estratificado, se empleó una afijación proporcional, ya que existe diferente distribución en la población presente en cada estrato. Por consiguiente, se calculó que proporción supone cada uno de los estratos respecto de la población para poder reflejar en muestra (*Tabla 2*).

Posteriormente, se llevó a cabo diferentes visitas de campo, en donde, se observó que cada estrato (unidad geomorfológica) no presentó el número de sistemas de producción calculado para cada uno de estos, además de existir poca colaboración por parte de algunos productores. Debido a estos inconvenientes, se decidió tomar los puntos faltantes de ciertos estratos en aquellos con mayor aglomeración de sistemas de producción (*Tabla 2*).

Tabla 2 Muestra correspondiente a cada estrato

Estrato	Población	Proporción esperada	Muestra esperada	Proporción obtenida	Muestra obtenida
Vertientes irregulares	431	49%	101	45%	92
Relieve montañoso	66	8%	15	10%	19
Terraza baja	154	18%	36	12%	23
Relieve escarpado	8	1%	2	1%	1
Colinas medianas	52	6%	12	13%	25
Vertiente cóncava	72	8%	17	3%	6
Vertiente convexa	75	9%	18	17%	34
Talud de derrubios	13	1%	3	1%	4
Total	871	100%	204	100%	204

Fuente: GAD Paute, 2014.

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

6.3. Levantamiento de información

Se realizó encuestas estructuradas (*Anexo 2*) en los 204 sistemas de producción (*Figura 2*). Estas constaban de aspectos en el ámbito ecológico, ambiental y social, enfocadas al manejo de los cultivos dentro del sistema de producción. Dicha encuesta contenía preguntas propuestas por Altieri y Nicholls (2002) para la evaluación de la sostenibilidad mediante un método agroecológico rápido, indicadores de eficiencia energética propuesto por Denoia y Montico (2010) e indicadores del índice de agrobiodiversidad propuesto por Leyva y Lores (2012).

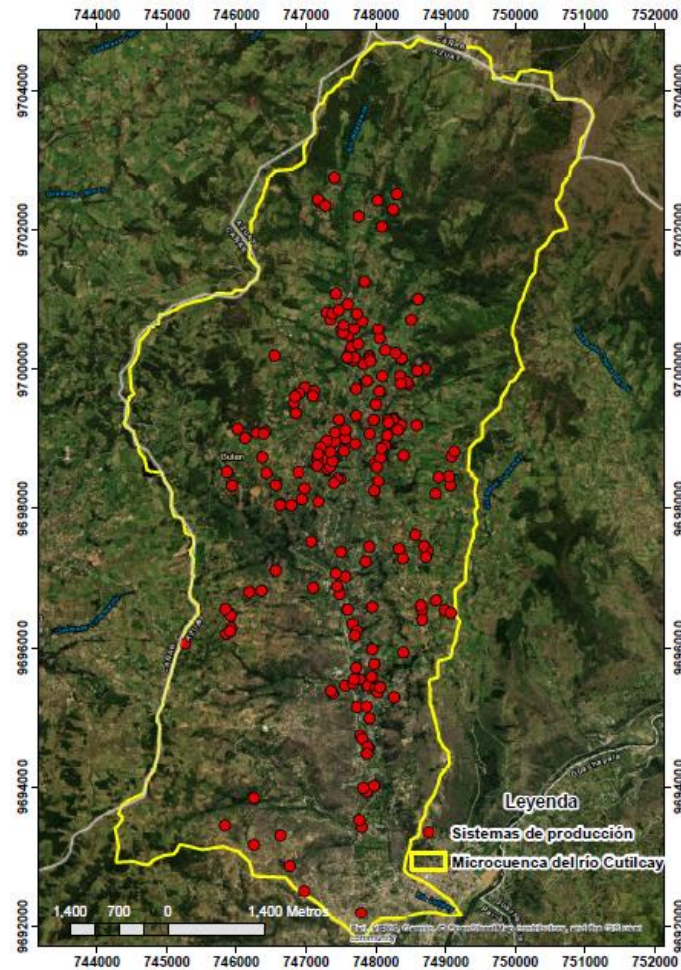


Figura 3. Muestra tomada en los 204 sistemas de producción agrícola de la microcuenca del río Cutilcay.

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

6.4. Metodología para el objetivo específico uno: “Calcular la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola mediante indicadores cuantitativos”

Para calcular la sostenibilidad agrícola se empleó la metodología establecida por Altieri y Nicholls (2002). Siguiendo la metodología descrita, se seleccionaron diez indicadores para la calidad de suelo y diez indicadores para la salud del cultivo.

Los indicadores para medir la calidad del suelo propuesto por Altieri y Nicholls (2002) son: estructura, compactación e infiltración, profundidad del suelo, estado de residuos, color, olor y materia orgánica, retención de humedad, desarrollo de raíces, cobertura de suelo, erosión y actividad biológica.



Los indicadores para medir la salud del cultivo propuesto por Altieri y Nicholls (2002) son: apariencia, crecimiento del cultivo, resistencia o tolerancia a estrés (sequía, lluvias intensas, plagas, etc.), incidencia de enfermedades, competencia por malezas, rendimiento actual o potencial, diversidad genética, diversidad vegetal, diversidad natural circundante y sistema de manejo.

La medición de los indicadores fue de forma independiente a través de un método de observación in situ en cada uno de los 204 sistemas de producción. Se les asignó un valor entre 1 y 10 (siendo 1 el valor menos deseable, 5 un valor medio y 10 el valor deseado) de acuerdo a las características que presentó el suelo y el cultivo según los atributos a evaluar para cada indicador con sus valores correspondientes propuestos en la metodología (*Anexo 2*).

Se identificó y diferenció el tipo de cultivo (herbáceo o leñoso) de cada sistema de producción, y se aplicó la metodología propuesta a cada tipo de cultivo. Se encontró casos de sistemas de producción que poseían los dos tipos de cultivos y se procedió a aplicar la metodología por separado, obteniendo un valor de sostenibilidad por cada tipo de cultivo, los cuales se promediaron para alcanzar el valor de sostenibilidad del sistema de producción.

Para obtener el valor de sostenibilidad de los sistemas de producción, en primer lugar, se obtuvo el promedio de los indicadores de la calidad del suelo y la salud del cultivo. Luego, estos se promediaron para obtener el valor de la sostenibilidad.

Los rangos establecidos para los valores de sostenibilidad propuestos por Altieri y Nicholls (2002) son: mayores o iguales a 5 (sostenibles, ya que se encuentran sobre el umbral de integridad ecológica), valores inferiores a 5 (no sostenibles, debido a prácticas inadecuadas dentro del sistema), y valores superiores o iguales a 7 (faros agroecológicos, ya que indican un adecuado funcionamiento del sistema productivo).



6.5. Metodología para el objetivo específico dos: “*Caracterizar la eficiencia energética de los sistemas de producción agrícola*”

Se caracterizó la eficiencia energética de los sistemas de producción agrícola presentes en la microcuenca del río Cutilcay, considerando los datos referentes a ingresos y egresos de energía. Estos datos fueron respaldados por la información recolectada en las encuestas realizadas a los propietarios de dichos sistemas.

Los datos que constituyen el total del flujo de ingreso energético en el sistema son: el número de personas y la cantidad de horas empleadas en las labores preculturales y culturales (preparación del terreno, siembra, deshierba, aporque, cosecha y fumigaciones), la cantidad de insumos comerciales como semillas, plántulas, fertilizantes, enmiendas, abonos orgánicos, insecticidas, herbicidas y fungicidas, la cantidad de combustible utilizado en la maquinaria agrícola y finalmente el volumen de agua empleado en el riego y otras actividades agrícolas (lavado del producto y fumigaciones). La información del total del producto cosechado constituyó la salida de energía del sistema.

Algunos datos no fueron considerados en el flujo de ingreso de energía basados en que el análisis de la eficiencia energética es en los sistemas de producción y no en toda la cadena productiva y comercial del producto. Los datos excluidos son la energía aportada por el sol, el agua de lluvia y aquellos procesos que atraviesan los límites físicos del sistema de producción como procedimientos de envasado, secado, almacenaje, transporte hasta los consumidores, etc. (Denoia y Montico, 2010).

Para realizar el cálculo y análisis de la eficiencia energética, se transformó cada uno de los datos que corresponden a los ingresos y egresos obtenidos a unidades equivalentes a Mega Joule (MJ) por unidad de peso o volumen (*Tablas 3 y 4*), con la finalidad de homogenizar los



datos. Los ingresos y egresos fueron calculados para el número de ciclos de producción de cultivo que se den en un año de producción.

Tabla 3 Contenido energético de los insumos empleados y de las actividades realizadas en el proceso productivo (ingreso de energía)

Ingresos	Unidad	Energía equivalente (MJ/unidad)	Cita
Químicos			
Insecticidas	kg	278.00	Dalgaard et al. (2001), Wells (2001)
Fungicidas	kg	276.00	Dalgaard et al. (2001), Hülsbergen et al. (2001)
Herbicidas	kg	214.00	Dalgaard et al. (2001), Hülsbergen et al. (2001)
Fertilizantes			
Nitrógeno	kg	55.30	Dalgaard et al. (2001)
P2O5	kg	15.80	Hülsbergen et al. (2001)
K2O	kg	9.30	Hülsbergen et al. (2001)
Microelementos	kg	120.00	Mandal et al. (2002)
Mano de obra	h	1.96	Yaldiz et al. (1993)
Maquinaria	h	62.70	Singh et al. (2002); Yaldiz et al. (1993) y Singh (2002)
Gasolina	l	46.24	Kitani (1998)
Agua	m ³	0.63	Yaldiz et al. (1993)
Trabajo animal	h	7.55	Funes (2009)
Fertilizantes orgánicos	kg	0.30	Funes (2009)
Semillas	kg	25.00	Dagistan et al. (2009)
Plántulas	unidad	0.80	Romanelli y Milán (2010)
Cal	kg	1.17	Pimentel (2005)

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

Tabla 4 Contenido energético de los productos cultivados en la microcuenca del río Cutilcay

Egresos	Nombre científico	Energía equivalente (MJ/kg)	Cita
Acelga	<i>Beta vulgaris</i> var. <i>cicla</i>	0.80	Ozkan et al. (2004)
Aguacate	<i>Persea americana</i>	5.00	Funes (2009)
Ajo	<i>Allium sativum</i>	6.20	Funes (2009)
Albaricoque	<i>Prunus armeniaca</i>	1.90	Ozkan et al. (2004)
Babaco	<i>Vasconcellea</i> × <i>heilbornii</i>	4.50	Villagómez (2011)
Brócoli	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>	0.80	Ozkan et al. (2004)
Capulí	<i>Prunus salicifolia</i>	1.90	Ozkan et al. (2004)
Cebolla (bulbo)	<i>Allium cepa</i>	1.70	Funes (2009)
Cebollín	<i>Allium schoenoprasum</i>	1.40	Funes (2009)



Chirimoya	<i>Annona cherimola</i>	3.10	Funes (2009)
Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i>	0.80	Ozkan et al. (2004)
Ciruelas	<i>Prunus domestica</i>	1.90	Tabatabaie et al. (2012)
Col	<i>Brassica oleracea</i>	1.00	Funes (2009)
Coliflor	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>	0.80	Ozkan et al. (2004)
Durazno	<i>Prunus persica</i>	1.90	Qasemikordkheili et al. (2013)
Fresa	<i>Fragaria ananassa</i>	1.90	Ozkan et al. (2004)
Frijol blanco	<i>Phaseolus vulgaris</i>	13.90	Funes (2009)
Granadilla	<i>Passiflora ligularis</i>	1.90	Ozkan et al. (2004)
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	2.90	Funes (2009)
Haba	<i>Vicia faba</i>	14.30	Funes (2009)
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i>	0.60	Funes (2009)
Limón	<i>Citrus limon</i>	1.20	Funes (2009)
Maíz (grano seco)	<i>Zea mays</i>	15.30	Funes (2009)
Maíz (grano tierno)	<i>Zea mays</i>	3.60	Funes (2009)
Manzana	<i>Malus domestica</i>	2.40	Strapatsa et al. (2006)
Membrillo	<i>Cydonia oblonga</i>	1.90	Ozkan et al. (2004)
Mora	<i>Rubus ulmifolius</i>	1.90	Ozkan et al. (2004)
Nogal	<i>Juglans regia</i>	1.90	Ozkan et al. (2004)
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	2.40	Funes (2009)
Pera	<i>Pyrus communis</i>	1.90	Ozkan et al. (2004)
Pimiento	<i>Capsicum annum</i>	0.80	Ozkan et al. (2004)
Rábano	<i>Raphanus sativus</i>	0.70	Funes (2009)
Remolacha	<i>Beta vulgaris</i>	0.80	Funes (2009)
Romanesco	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Romanesco</i>	0.80	Ozkan et al. (2004)
Tomate de árbol	<i>Solanum betaceum</i>	1.90	Ozkan et al. (2004)
Tomate de mesa	<i>Lycopersicon esculentum</i>	0.80	Funes (2009)
Zambo	<i>Cucurbita ficifolia</i>	1.10	Funes (2009)
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	1.70	Funes (2009)

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

Finalmente, se estableció la relación entre la energía producida (egreso de energía desde el sistema -EE-) y el total de energía ingresada al sistema (IE). Así se obtuvo una medida de la eficiencia energética del proceso analizado según lo propuesto por Denoia y Montico (2010).

Ef. E: EE/IE

Referencia: Ef. E: eficiencia energética, EE: egreso de energía, IE: ingreso de energía

Los valores obtenidos superiores a 1, se consideran eficientes energéticamente debido a que sus egresos son mayores a los ingresos y los valores menores a 1 no son considerados eficientes

ya que presentan un balance negativo debido a que en el sistema ingresa mayor cantidad de energía con relación a la que egresa (Denoia y Montico, 2010).

6.6. Metodología para el objetivo específico tres: “Cuantificar la agrobiodiversidad funcional de los sistemas de producción agrícola”

Se cuantificó el índice de agrobiodiversidad funcional presente en los sistemas de producción, mediante entrevistas estructuradas que fueron aplicadas a los propietarios. También se realizó observaciones y/o mediciones directas mediante recorridos en zigzag por el sistema de producción acompañados por el productor, con la finalidad de levantar un inventario de especies vegetales con utilidad dentro de la finca.

Se consideró los subíndices y componentes (**Tabla 5**) propuestos por Leyva y Lores (2012) para agrupar las especies encontradas según corresponda a su funcionalidad dentro del sistema de producción.

Tabla 5 Clasificación de la agrobiodiversidad según su función

Subíndices	Componente (función)
Biodiversidad para la alimentación humana (IFER)	I Energético (cereales)
	II Energéticos (raíces)
	III Energéticos (tubérculos)
	IV Reguladoras (hortalizas)
	V Reguladoras (frutales)
Biodiversidad para la alimentación animal (IFE)	VI Formadores (leguminosas arbóreas y rastreras)
	VII Energéticos (pastos y forrajes)
Biodiversidad para la alimentación del suelo (IAVA)	VIII Abonos verdes (leguminosas)
	IX Abonos verdes (gramíneas)
	X Biomasa (arvenses)
	XI Biomasa (arbustos)
	XII Biomasa (árboles)
Biodiversidad complementaria (ICOM)	XI Vinculado a la salud corporal (medicinales, condimentos, etc.)
	XII Afín a la espiritualidad humana (ornamentales, fines religiosos, etc.)
	XIII Complementarios para el agroecosistema (cercas vivas)
	XIV Otros fines diversos

Fuente: Leyva y Lores, 2012. Adaptado por Caldas y Cedillo, 2020.

Luego de que las especies fueron agrupadas según su funcionalidad dentro del sistema de producción, se definió un valor máximo (V_i . Max) del número de especies para cada uno de los componentes de cada subíndice (IFER, IFE, IAVA, ICOM) (**Tabla 5**). El valor máximo fue definido en consenso entre los agricultores e investigadores teniendo en cuenta fundamentalmente los máximos históricos de la zona y las consideraciones dadas desde la experiencia en la agricultura. Se estableció un rango de valores entre 0 y 3, asignándose el valor de 3 si el componente poseía el número máximo deseado de especies y 0 cuando no existió especies en el componente. Además, se construyó una escala que ajustó los valores intermedios al rango establecido.

Para el cálculo de los subíndices se utilizó las fórmulas propuestas por Leyva y Lores (2012). Cada subíndice puede obtener un valor máximo de 1. Mientras que para obtener el valor del índice de agrobiodiversidad funcional (IDA) se promedió los cuatro subíndices (Leyva y Lores, 2012).

$$IFER = \frac{Vi(I) + Vi(II) + Vi(III) + Vi(IV) + Vi(V)}{15}$$

$$IFE = \frac{Vi(VI) + Vi(VII)}{6}$$

$$IAVA = \frac{Vi(VIII) + Vi(IX) + Vi(X) + Vi(XI) + Vi(XII)}{15}$$

$$ICOM = \frac{Vi(XIII) + Vi(XIV) + Vi(XV) + Vi(XVI)}{12}$$

$$IDA = \frac{IFER + IFE + IAVA + ICOM}{4}$$

El valor máximo que puede adquirir la agrobiodiversidad dentro del sistema de producción es igual a 1. Mientras que los valores de IDA mayores a 0.70, se consideran un valor adecuado u óptimo de agrobiodiversidad dentro del sistema de producción. No obstante, valores de IDA



menores a 0.70, se consideran un valor no eficiente de agrobiodiversidad dentro del sistema de producción. El valor de IDA igual a 0, representa la inexistencia de agrobiodiversidad dentro del sistema de producción (Suárez, 2014).

6.7. Análisis de datos

Para describir los resultados de los sistemas de producción con relación a las tres variables establecidas (sostenibilidad, eficiencia energética y agrobiodiversidad funcional) se utilizó medidas de tendencia central (medias).

La información obtenida en los 204 sistemas de producción fue clasificada en tipos de producción. Estos tipos de producción fueron determinados luego del levantamiento de la información, al observar que los sistemas de producción presentaban similitudes en los cultivos que poseían y en el manejo que se les daba a estos. Es decir, cultivos anuales, perennes y por su manejo los cultivos bajo cubierta. Se consideró relevante determinar la existencia de diferencias entre los tipos de producción mencionados con relación a las variables estudiadas, para así reflejar de mejor manera la realidad de los sistemas de producción de la microcuenca.

El análisis estadístico se realizó en el software InfoStat (Di Rienzo et al., 2014), en el cual se verificó el supuesto de normalidad de los datos utilizando la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis para determinar las diferencias entre los tipos de producción con relación a las tres variables estudiadas. Y se determinó los coeficientes de correlación y su significancia estadística en las variables de sostenibilidad, eficiencia energética y agrobiodiversidad funcional, por medio de correlaciones de Spearman.



7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Tipología de los sistemas de producción

De acuerdo a la información obtenida en los 204 sistemas de producción levantados en las ocho unidades geomorfológicas presentes en la microcuenca del río Cutilcay. Se determinó la existencia de cuatro tipos de producción: frutícola, hortícola, bajo cubierta y mixto (dos o más tipos de producción antes mencionados) (*Anexos 5:14*).

El tipo de producción frutícola está comprendido entre los 2343 y 2908 m s.n.m. y se constituye en un 90% de frutales caducifolios como *Malus domestica* (manzana), *Prunus persica* (durazno) y *Prunus domestica* (ciruelas). En tanto que el 10% restante son frutales como *Persea americana* (aguacate), *Solanum betaceum* (tomate de árbol), entre otras. Por otro lado, el tipo de producción hortícola que se encuentra distribuido en altitudes de 2287 y 3125 m s.n.m., se destaca por cultivar *Solanum tuberosum* (papa) y *Daucus carota* (zanahoria) principalmente. Además de varias hortalizas como *Allium cepa* (cebolla), *Lactuca sativa* (lechuga), *Brassica oleracea* var. *botrytis* (coliflor), etc. y legumbres como *Pisum sativum* (arveja), *Vicia faba* (haba) y *Phaseolus vulgaris* (fréjol).

El tipo de producción bajo cubierta situado entre altitudes de 2294 y 2569 m s.n.m., está comprendido en su mayoría por cultivos de *Lycopersicon esculentum* (tomate de mesa) que representan el 89%, bajo este tipo de producción se cultiva también *Vasconcellea × heilbornii* (babaco) y *Solanum betaceum* (tomate de árbol), pero en menor cantidad, ocupando el 9% y 2% respectivamente. Por último, el tipo de producción mixto ubicado entre altitudes de 2265 y 2973 m s.n.m., es el que presenta mayor diversidad de especies productivas, ya que consta de cultivos frutícolas y hortícolas, frutícolas y bajo cubierta o bajo cubierta y hortícolas.

Los tipos de producción dominantes dentro de la microcuenca son los frutícolas y hortícolas representando el 30.39% y 29.90% respectivamente de los sistemas de producción. Mientras

que, el tipo de producción mixto representa el 28.43% de los sistemas de producción y con menor representatividad se encuentra el tipo de producción bajo cubierta con el 11.28% (*Gráfico 1*).

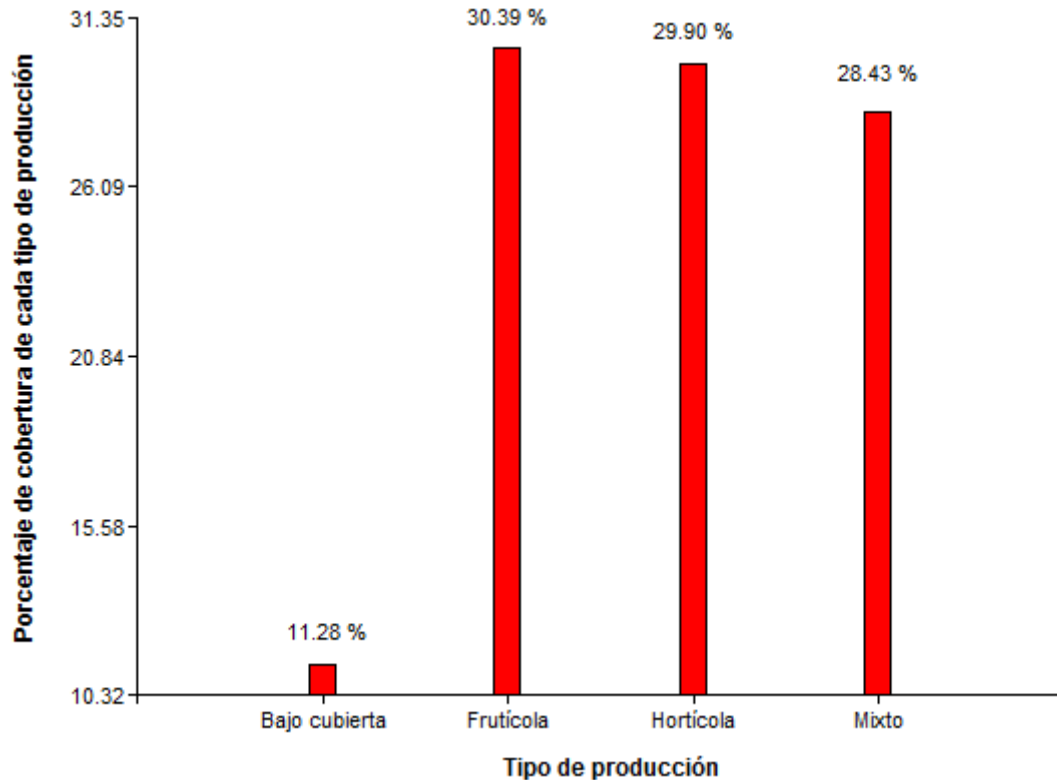


Gráfico 1 Porcentaje de los sistemas de producción de la microcuenca del río Cutilcay presentes en cada tipo de producción.

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

7.2. Caracterización de las variables

La variable sostenibilidad presentó datos con distribución normal ($P > 0.05$), a diferencia de las variables eficiencia energética y agrobiodiversidad funcional que no cumplieron con dicho supuesto (*Tabla 6*).

Tabla 6 Prueba de normalidad para las variables en estudio.

	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	p-valor
Sostenibilidad	0.058	204	0.0900
Eficiencia energética	0.205	204	0.0001
Agrobiodiversidad funcional	0.117	204	0.0001

a. Corrección de significación de Lilliefors

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

7.3. Sostenibilidad de los sistemas de producción agrícolas

La sostenibilidad promedio de los sistemas de producción fue de 6.72, superando el umbral de integridad ecológica (5) planteado por Altieri y Nicholls (2002). Sin embargo, algunos indicadores de calidad de suelo y salud del cultivo presentaron valores bajo el umbral. Un estudio reportado por Sarandón et al., (2006) realizado en Argentina y utilizando indicadores propuestos por Smyth y Dumansky (1995) y Astier et al. (2002), obtuvo un índice de sostenibilidad general de 2.46 siendo su valor de umbral 2. Sin embargo, al igual que en nuestro estudio, el manejo de ciertas fincas no compensó los objetivos ecológicos.

7.3.1. Calidad del suelo

Respecto a la calidad del suelo, a nivel general se observó deficiencias en los indicadores de actividad biológica y estado de residuos, ya que se obtuvo valores promedio de 3.46 y 4.05 respectivamente (**Gráfico 2**). Loaiza et al. (2014) señalan que en los predios analizados en la microcuenca del río Centella (Colombia) un aspecto negativo recurrente tiene que ver con el manejo del suelo, residuos y coberturas. Ante esto la FAO (2002) explica que los residuos forman una cobertura del suelo permanente o semipermanente que proporciona alimentos y genera un microclima favorable para los organismos del suelo. Por tales razones la cantidad de residuos en el suelo, repercutirá proporcionalmente en la cantidad existente de actividad biológica.

Calidad del suelo

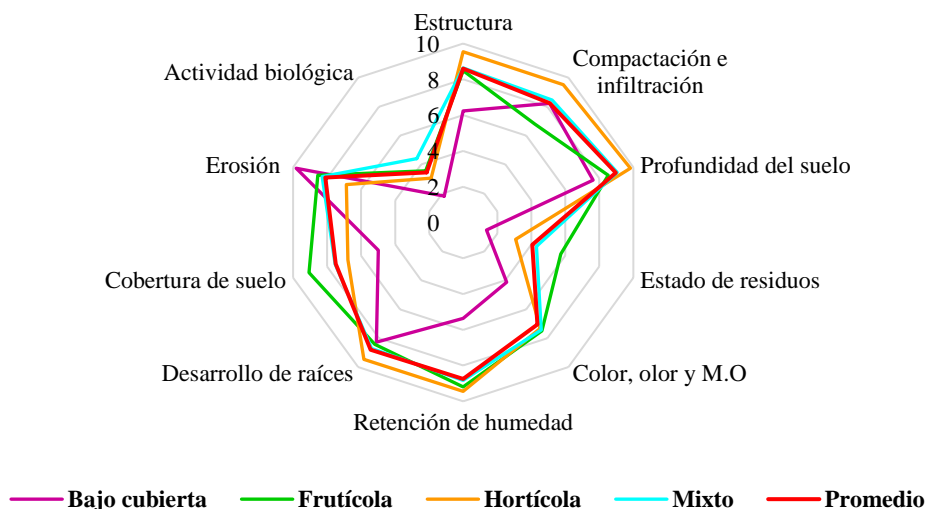


Gráfico 2 Gráfico radial para representar la calidad del suelo de los tipos de producción agrícolas de la microcuenca del río Cutilcay.

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

Pineda (2013) menciona que en los sistemas convencionales existe disminución de las poblaciones de organismos del suelo. Lo cual está atribuido al uso inadecuado de agroquímicos, reducción en la producción de raíces y a la modificación en el microclima del suelo luego de la desaparición de la vegetación natural. Chaveli et al. (2006) afirman que las poblaciones están desapareciendo debido a la perturbación ejercida sobre el medio por las actividades humanas, ya que se genera un cambio en el uso del suelo y por tanto en las poblaciones edáficas como respuesta a las modificaciones en la cobertura vegetal.

7.3.2. Salud del cultivo

En cuanto a la salud del cultivo, como se observa en el **Gráfico 3** los indicadores que se encontraron bajo el umbral en promedio son: sistema de manejo (3.31), diversidad natural circundante (2.74) y diversidad genética (3.74). El valor obtenido en el sistema de manejo se debe a que el 66.18% de los sistemas de producción de la microcuenca realizan una agricultura convencional, a diferencia del 16.18% que practican una agricultura de transición y el 17.65%

una agricultura orgánica. Como consecuencia de la agricultura convencional practicada en mayor porcentaje dentro de los sistemas de producción, la diversidad natural circundante y diversidad genética se ven seriamente afectadas.

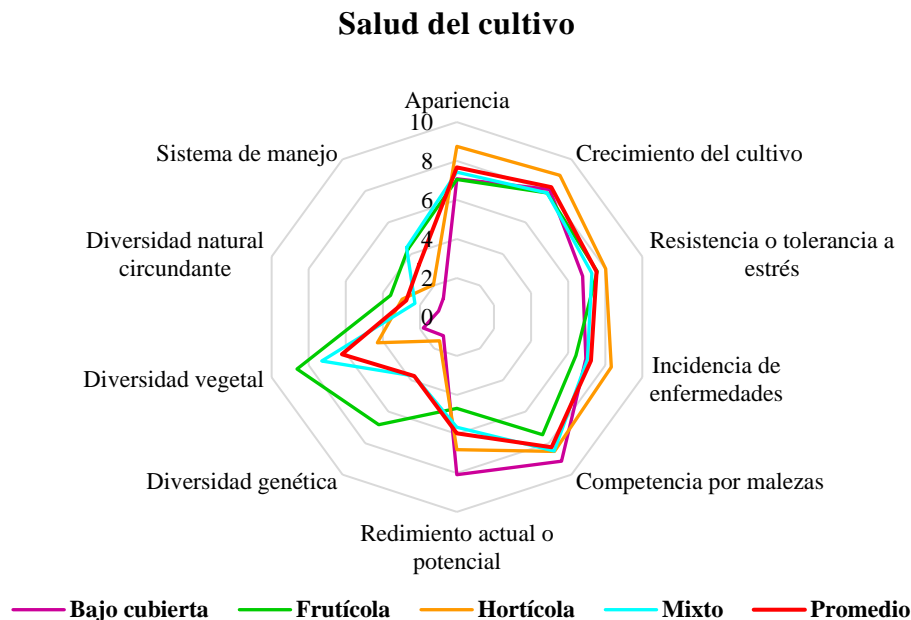


Gráfico 3 Gráfico radial para representar la salud del cultivo de los tipos de producción agrícolas de la microcuenca del río Cutilcay.

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

El modelo de producción convencional se caracteriza por una elevada disminución de la agrobiodiversidad, ya que se tiende a eliminar la diversidad circundante para establecer uno o dos cultivos anuales o perennes, incrementando la pérdida de la variabilidad genética (Salas, 2009). Varias prácticas modernas dirigidas a lograr altos rendimientos han dado lugar a una simplificación de los componentes de los sistemas agrícolas (Vélez, 2015). Costanza y Daly (1992) y Sarandón et al. (2006) explican que una de las condiciones para considerar un sistema ecológicamente sostenible es la conservación del capital natural.

De los sistemas evaluados el 40.20% se identificó como faros agroecológicos debido a que obtuvieron valores mayores o iguales a 7 en la sostenibilidad. El 56.37% se encontró por encima del umbral de integridad ecológica (5). Y tan solo el 3.43% se ubicó por debajo del

umbral, es decir, su integridad ecológica está siendo afectada por prácticas agrícolas no sostenibles (**Gráfico 4**). En un estudio realizado por Loaiza et al. (2014) en sistemas de producción agrícolas en la microcuenca Centella (Colombia), se encontró que el 38% de las fincas evaluadas se identificaron como faros agroecológicos. También se documentó que el 56% de las fincas se encuentran por encima del umbral de integridad ecológica y el 6% está por debajo del umbral.

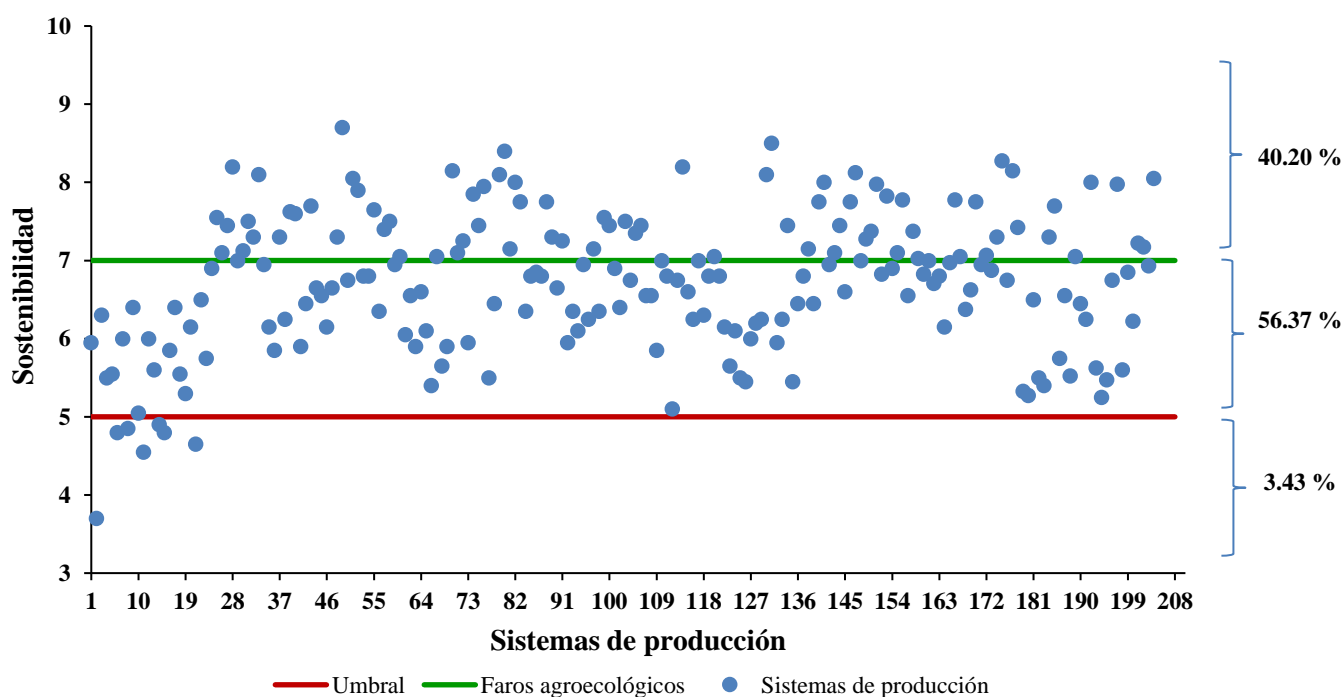


Gráfico 4 Sostenibilidad de los 204 sistemas de producción agrícolas y porcentaje de los mismos bajo el umbral, sobre el umbral y aquellos considerados faros agroecológicos.

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

7.3.3. Comparación entre los tipos de producción

En cuanto a los tipos de producción (bajo cubierta, frutícola, hortícola y mixto) estos registraron diferencias significativas ($P < 0.05$) con respecto a la variable sostenibilidad (**Tabla 7**). Por lo tanto, los tipos de producción sí influyen en los valores de sostenibilidad de los sistemas de producción.

Tabla 7 Prueba de Kruskal-Wallis para los tipos de producción agrícolas con relación a la variable sostenibilidad.

a) Desviación estándar y medianas para los tipos de producción agrícolas y para la variable sostenibilidad

		N	D.E.	Medianas
Tipo de producción	Bajo cubierta	23	0.72	5.55
	Frutícola	62	0.78	7.05
	Hortícola	61	0.72	6.80
	Mixto	58	0.82	6.94
Sostenibilidad		204	0.88	6.80

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

b) Estadísticos de la prueba de Kruskal-Wallis ^{a, b} (P<0.05)

Sostenibilidad	
Chi-cuadrado	42.79
gl	3
p-valor	0.0001

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Tipo de producción

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

El tipo de producción bajo invernadero es el menos sostenible con una mediana de 5.55. No obstante los tipos de producción frutícola, mixto y hortícola son los más sostenibles de la microcuenca al presentar medianas de 7.05, 6.94 y 6.80 respectivamente (**Gráfico 5**).

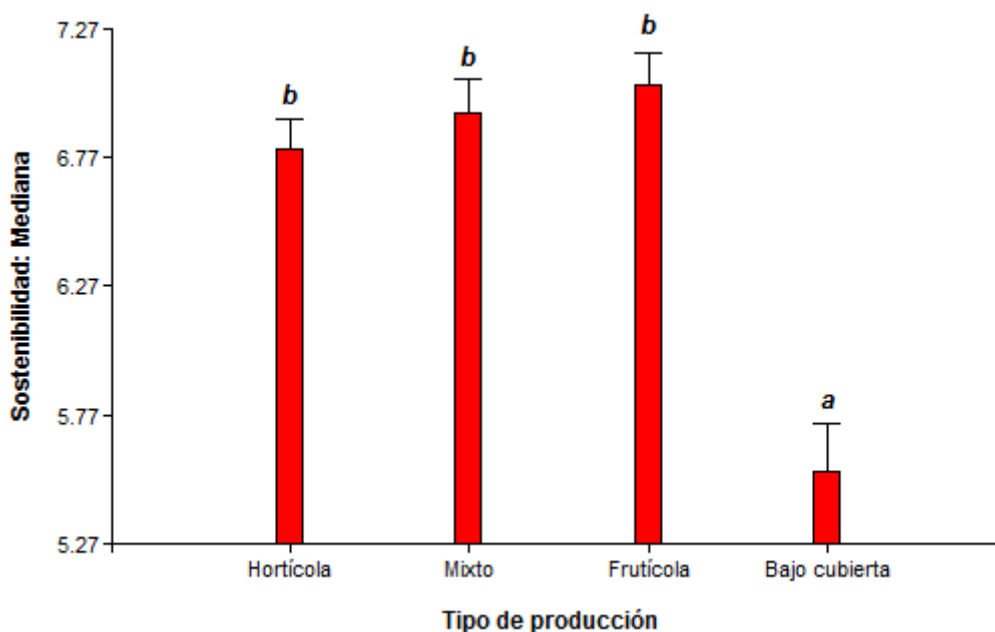




Gráfico 5 Medianas de la variable sostenibilidad \pm errores estándar de cada tipo de producción agrícola. Letras diferentes significan diferencias significativas.

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

El valor obtenido en el tipo de producción bajo cubierta concuerda con lo mencionado por Pretty (2008), quien indica que el incremento de las áreas agrícolas bajo invernadero contribuye sustancialmente a la pérdida de hábitats, biodiversidad asociada y los servicios ecosistémicos, deteriorando así la sostenibilidad. No obstante, Pérez et al. (2002) afirman que los tipos de producción bajo invernadero causan efectos positivos a nivel económico y social. Algunos autores destacan aspectos beneficiosos como la mejor utilización de los recursos naturales como el sol, el suelo y, especialmente, el agua. Sin embargo, el impacto paisajístico y ambiental es muy notable (FAUGT, 2008; Gómez, 2011).

El valor de la sostenibilidad de los tipos de producción frutícolas, está relacionado con la altitud en la que estos se encuentran, ya que a dicha altitud los suelos son profundos y presentan alto contenido de materia orgánica. Esto concuerda con el estudio postulado por Valarezo (2004) en la cuenca del río Paute, donde explica que los suelos predominantes son derivados de materiales piroclásticos, francos, de coloración negra rojiza, con gran capacidad de retención de agua, aptos para la agricultura.

También se debe a que a pesar del avance de la frontera agrícola aún existen remanentes de bosques nativos que ayudan a regular los procesos deteriorados en dichos sistemas, como lo exponen varios autores. La vegetación presente en un agroecosistema, tanto la cultivada como la asociada y/o remanentes de bosques tiene un valor incalculable, ya que se vincula directamente con numerosas funciones ecológicas (Vandermeer y Perfecto, 1995; Fernández y Marasas, 2009). Entre ellas se destacan el control de la erosión, la formación y mantenimiento de suelos fértiles, la purificación del agua, y la regulación de plagas a través de la preservación de insectos benéficos y la vida silvestre (Blanco y Leyva, 2007).



En cuanto al tipo de producción hortícola, las prácticas que estos realizan son similares a las de la agricultura itinerante, ya que se abren claros de bosque para establecer cultivos donde el suelo es rico en nutrientes (Myers et al., 2000). Según la experiencia de los productores, en estos suelos se obtiene el doble de producción por un lapso de dos años, luego de ello se siembra gramíneas por un año para después retomar al cultivo hortícola pero esta vez con notables bajas en su producción. Sierra (2013) menciona que históricamente han existido grandes procesos de colonización y expansión de la frontera agrícola que han ocasionado degradación, fragmentación y pérdida de bosques naturales. A causa de esto se da el abandono de estas tierras y se emprende la búsqueda de nuevas áreas con aptitud agrícola (Rudel y Horowitz, 2013).

Por lo expuesto anteriormente, la sostenibilidad en los tipos de producción hortícolas se encuentra por encima del umbral debido a que presentó calificaciones altas en la calidad del suelo y salud del cultivo, con excepción en los indicadores de actividad biológica, diversidad genética y vegetal. Esta excepción se debe a la dependencia de pesticidas de algunos sistemas de producción y a que la mayoría de ellos son monocultivos. De esta forma se concuerda parcialmente con Astáza et. al (2017) en un estudio realizado en Sibundoy, Colombia, en cultivos hortícolas. Aquí se indica que el valor promedio más bajo de sostenibilidad fue de 6.40 debido al uso de agroquímicos, especialmente herbicidas que alteran la macrofauna del suelo y por ello uno de los indicadores de mayor afectación fue la actividad biológica.

Finalmente, el valor de sostenibilidad en los tipos de producción mixto se debe a que estos integran dos o más cultivos al igual que en los sistemas de producción familiar. Esto favorece al mantenimiento de los procesos ecológicos del sistema suelo y cultivo, según Altieri y Nicholls (2002). En estudios realizados por Sajjad y Nasreen (2016) en Vaishali, India y Fernández y Marasas (2015) en Argentina, se muestra que la dimensión ambiental de las

granjas analizadas correspondientes a la agricultura familiar o similares a ésta, han alcanzado altos niveles de sostenibilidad.

7.4. Eficiencia energética de los sistemas de producción agrícolas

La eficiencia energética medida como la relación EE/IE de los sistemas de producción agrícola de la microcuenca presentó una media de 2.07. De acuerdo a estos resultados el 58.33% de los sistemas de producción agrícola presentan un balance energético positivo mayor a 1 y el 41.66% un balance energético negativo menor a 1 (*Gráfico 6*).

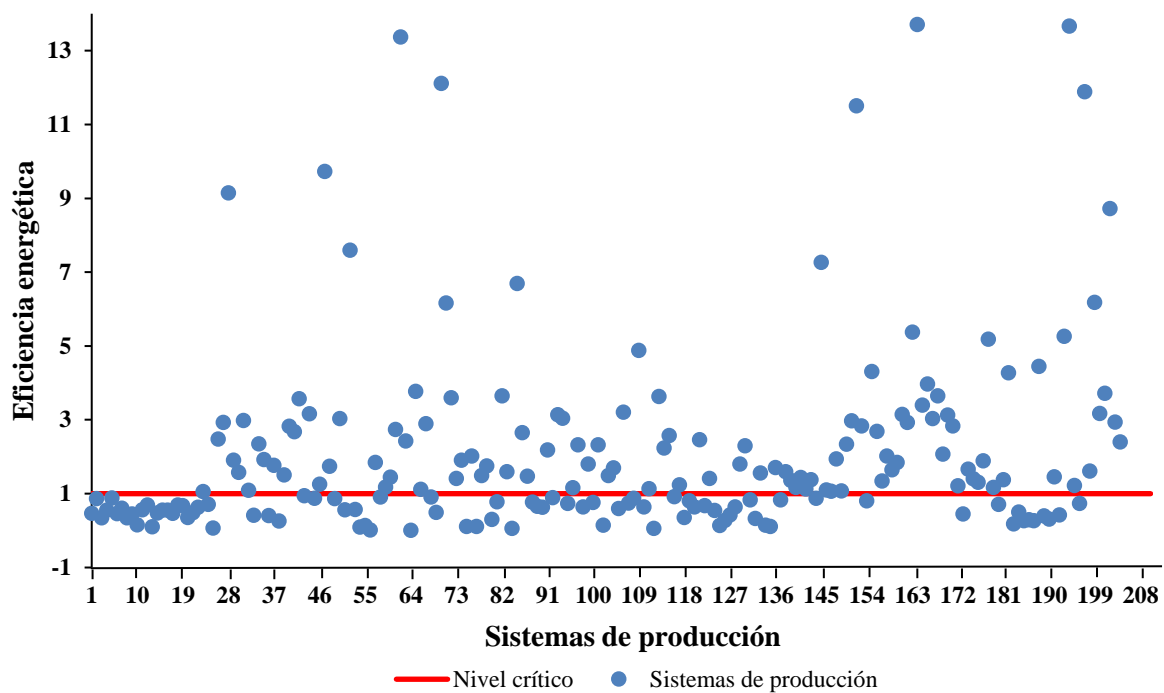


Gráfico 6 Balance energético de los 204 sistemas de producción agrícolas.

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

Los sistemas de producción de la microcuenca presentaron un ingreso de energía anual de 8 411 042.02 MJ, constituido por el uso de diferentes insumos detallado en la *Tabla 8*. Acorde al cálculo de ingresos de energía se identificó que el insumo fertilizante químico presentó mayor gasto energético, con una proporción del 46.90%, seguido de los combustibles fósiles con el 20.05% del total de los insumos ingresados en los diferentes sistemas (*Tabla 8*). Esto se

debe a que el 66.18% de los sistemas de producción practican una agricultura convencional como se describió anteriormente en la sostenibilidad. Estos resultados concuerdan con los expuestos por Soto et al. (2015) quien comparó diferentes sistemas de producción en Brasil y reportó que los mayores gastos en insumos fueron los fertilizantes químicos con una media del 67%, seguido de los combustibles fósiles con alrededor del 32.75%.

Tabla 8 *Valores totales y sus proporciones sobre los ingresos de energía anual utilizados en los sistemas de producción agrícola*

Insumo	MJ	Proporción (%)
Enmiendas	13495.50	0.16
Agua	25344.10	0.30
Maquinaria	27975.89	0.33
Trabajo animal	35366.04	0.42
Herbidas	72891.67	0.87
Insectidas	126015.60	1.50
Plántulas	315614.90	3.75
Semillas	345141.47	4.10
Fungicidas	411587.72	4.89
Mano de obra	497947.77	5.92
Fertilizantes orgánicos	908759.47	10.80
Combustible	1686174.94	20.05
Fertilizantes químicos	3944726.97	46.90
Total	8411042.02	100.00

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

Los insumos orgánicos representaron el 10.80% de los ingresos de energía, cuyo porcentaje es cuatro veces menor que el obtenido en los fertilizantes químicos (46.90%) lo cual coincide con el estudio reportado por De Souza et al. (2008). Estos autores mencionan que los componentes destinados a la fertilización de hortalizas en Brasil representaron el 49.30% del total de energía ingresada al sistema, de los cuales el 3.50% corresponde al uso de estiércol de pollo y el 45.80% a fertilizantes minerales. Resultados similares reportaron Denoia y Montico (2010) en hortalizas a campo abierto en Rosario, Argentina, en donde los abonos minerales fueron los componentes que mayor energía gastaron en el cultivo convencional de lechuga.



Según Gokdogan y Sevim (2016) y Pimentel et al. (1989) para que los humanos produzcan y cosechen suficientes alimentos se han visto en la necesidad de reemplazar los abonos orgánicos por los insumos químicos. Esto se ha realizado ya que los insumos químicos poseen mayor concentración de nutrientes, baja humedad y pueden ser fácilmente adoptados para su aplicación mecánica, principalmente en zonas de ladera con la utilización de pequeños equipos manuales. Lo anterior hace que los costos de transporte y mano de obra para el manejo y aplicación de los fertilizantes sean relativamente más bajos con relación a otros productos de concentraciones más bajas y con niveles de humedad más altas como son los abonos orgánicos (Namdari et al., 2011).

La producción total anual medida como los egresos de los sistemas de producción de la microcuenca presentaron un valor de 7 342 432.34 MJ, siendo este valor menor a la cantidad de ingresos presentados en la **Tabla 8**. Esto resultó en un balance energético negativo de 0.87. Estos resultados coinciden con lo expuesto por Pimentel et al. (1990) al explicar que, en el modelo de producción actual, la cantidad de energía invertida para producir alimentos, a menudo es mayor que el rendimiento alcanzado, proporcionando una baja eficiencia y un equilibrio negativo. Almeida (2005) reporta que, en Brasil, se gasta 2.60 kcal para producir 1 kcal de alimento (EE=0.38), mientras que en países desarrollados se gasta más de 5 kcal. Estados Unidos por ejemplo gasta 9 kcal y Japón 12 kcal para producir 1 kcal de alimento.

7.4.1. Comparación entre los tipos de producción

Los tipos de producción (bajo cubierta, frutícola, hortícola y mixto) presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) con relación a la variable eficiencia energética. Esto demostró que el tipo de producción más eficiente es el mixto con una mediana de 2.05. Este valor coincide con lo expuesto por Alluvione et al. (2011) en un estudio de sistemas de producción italianos, en donde los mayores valores de eficiencia energética corresponden a sistemas de producción que integran más de una especie productiva (mixto) (**Tabla 9** y **Gráfico 7**).

Tabla 9 Prueba de Kruskal-Wallis para los tipos de producción agrícolas con relación a la variable eficiencia energética.

a) Desviación estándar y medianas para los tipos de producción agrícolas y para la variable eficiencia energética

	Tipo	N	D. E.	Medianas
Tipo de producción	Bajo cubierta	23	0.22	0.55
	Frutícola	62	2.81	1.58
	Hortícola	61	1.23	1.13
	Mixto	58	3.15	2.05
Eficiencia energética		204	2.51	1.32

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

b) Estadísticos de la prueba de Kruskal-Wallis ^{a, b} (P<0.05)

	Eficiencia energética
Chi-cuadrado	35.43
gl	3
p-valor	0.0001

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Tipo de producción

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

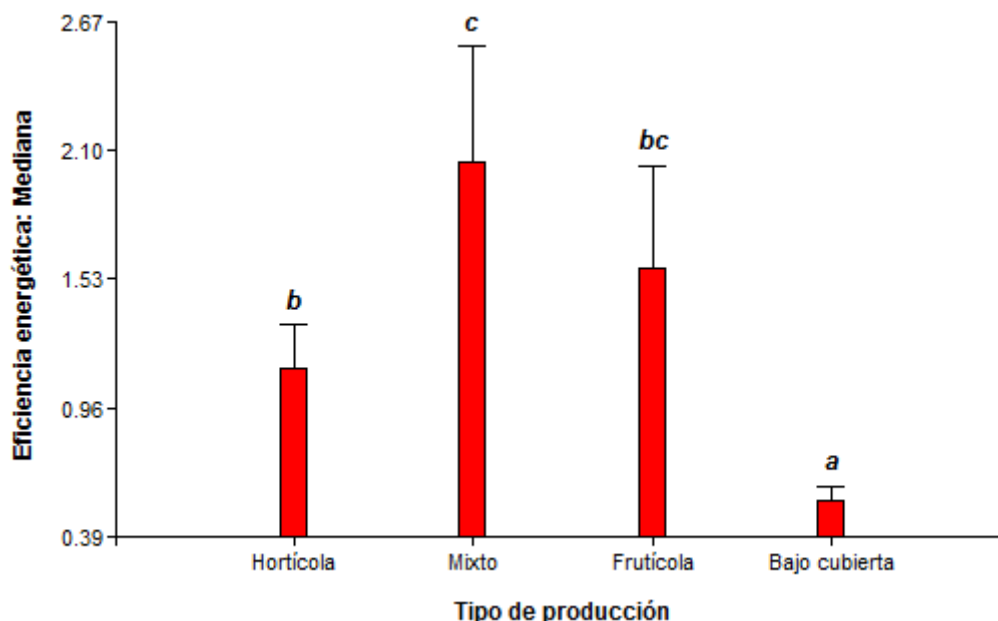


Gráfico 7 Medianas de la variable eficiencia energética ± errores estándar de cada tipo de producción agrícola. Letras diferentes significan diferencias significativas.

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020



El tipo de producción menos eficiente es el bajo cubierta mostrando una eficiencia negativa al obtener una mediana de 0.55. Este resultado concuerda con lo reportado por Canakci et al. (2005) en un estudio de *Lycopersicon esculentum* (tomate de mesa) bajo invernadero, donde se obtuvo la relación EE/EI de 0.70. También concuerda con el resultado de De Souza et al. (2008) quienes obtuvieron un valor de eficiencia energética de 0.83 en el sistema convencional de *Lycopersicon esculentum* (tomate de mesa).

El tipo de producción frutícola presentó una mediana de 1.58, lo que concuerda parcialmente con Kizilaslan (2009) quien reporta la eficiencia energética de *Malus domestica* (manzana) en 2.37. Del mismo modo Mohammadi y Omid (2010) reportaron la eficiencia energética de *Prunus persica* (durazno) en 0.93, y Gokdogan y Erdogan (2017) de *Prunus armeniaca* (albaricoque) en 2.72.

Por otro lado, el tipo de producción hortícola presentó una mediana de 1.13, lo cual coincide parcialmente con estudios energéticos de De Souza et al. (2008) en cultivos hortícolas de Brasil. Los autores exponen que las cucurbitáceas presentan una eficiencia de 0.85, *Allium sativum* (ajo) 1.20, y brassicáceas 1.62. Mientras que Zak et al. (2006) en un estudio de cultivos de *Solanum tuberosum* (papa) manejados de forma convencional obtuvieron un balance energético de 2.60. En contraste Seyed (2006) obtuvo una eficiencia energética de 0.98 en el cultivo de *Solanum tuberosum* (papa) en Irán. Por su parte Celik et al. (2010) reportaron la eficiencia energética de *Daucus carota* (zanahoria) en 1.30 y De Souza et al. (2008) 2.32 en el mismo cultivo.

Los componentes energéticos analizados en los tipos de producción muestran que los fertilizantes (químicos y orgánicos), combustibles, plántulas, pesticidas y mano de obra son los componentes fundamentales del balance energético. Debido a que estos representan el mayor gasto energético en los sistemas de producción (**Gráfico 8**).

Proporción de insumos por tipo de producción

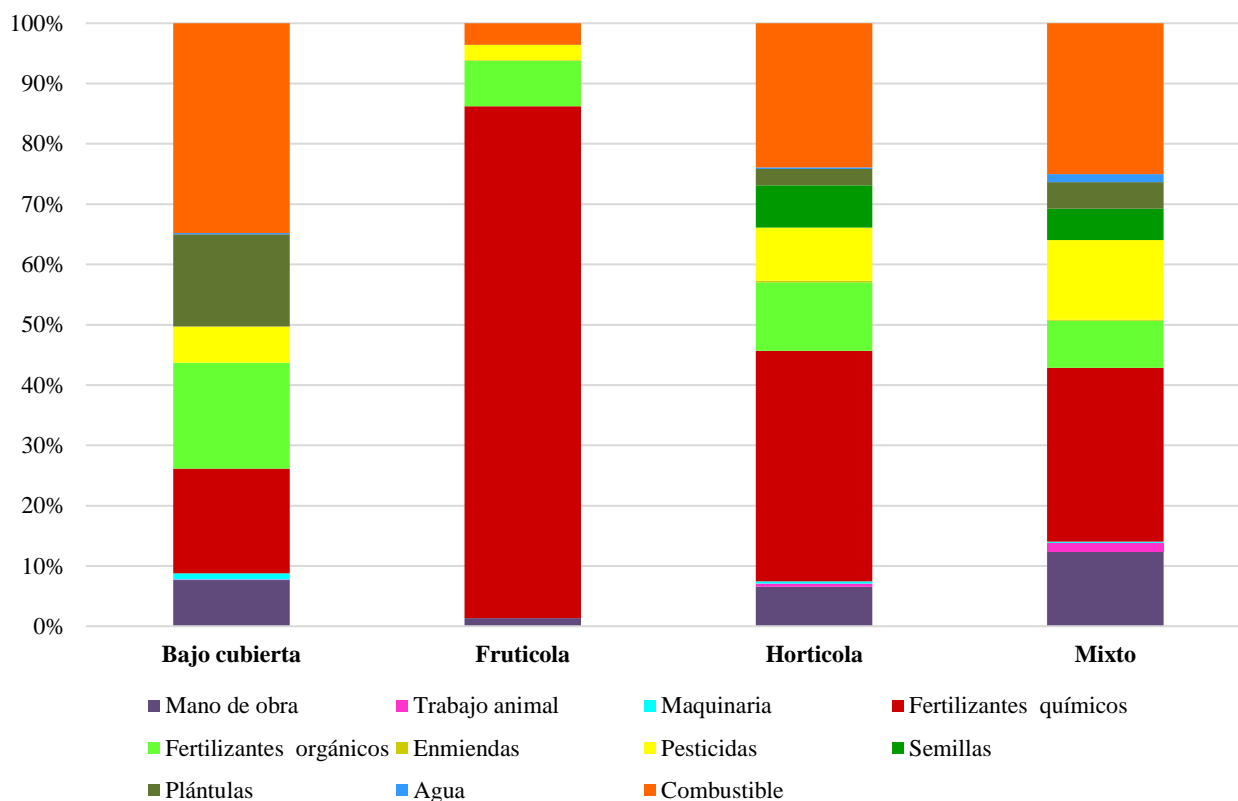


Gráfico 8 Componentes energéticos de los cuatro tipos de producción agrícola.

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

El tipo de producción mixto presentó mayor gasto energético en el insumo fertilizante químico con el 28.85%, seguido del insumo combustible con el 25.04%. Mientras que los insumos pesticidas y mano de obra representaron el 24% y 12.40% respectivamente del total del gasto energético empleado en la producción.

Los sistemas que se dedican a la producción hortícola emplearon en mayor cantidad el insumo fertilizante químico, representando el 38.22%, seguido del insumo combustible con 23.92% y de los fertilizantes orgánicos con 11.40%.

Con relación al tipo de producción frutícola el insumo con mayor representatividad fue el fertilizante químico con el 84.88% del total de los insumos utilizados y el segundo insumo con mayor utilización fue el fertilizante orgánico con el 7.57%.



Finalmente, el tipo de producción bajo cubierta utilizó en mayor porcentaje el insumo combustible, representando el 34.76% del total de los insumos utilizados, seguido de los fertilizantes orgánicos y químicos con 17.58% y 17.33% respectivamente.

Algunos sistemas de producción presentaron valores de eficiencia energética superiores a 5, considerándose sobresalientes. Al respecto, el tipo de producción mixto presentó nueve sistemas con eficiencia energética entre 5.20 y 13.70. El tipo de producción frutícola siete sistemas con eficiencia energética entre 6.16 y 13.37 y el tipo de producción hortícola un sistema con 7.26.

Ante los resultados mencionados, se infiere que los sistemas de producción con valores de eficiencia energética sobresalientes realizan labores agrícolas básicas. Bajo la evidencia que algunos sistemas pertenecientes al tipo de producción hortícola realizan un gasto energético únicamente en la siembra y cosecha. Mientras que los sistemas de producción sobresalientes pertenecientes al tipo de producción frutícola presentan gastos energéticos en cosecha y una mínima parte en abonadura orgánica.

7.5. Agrobiodiversidad funcional de los sistemas de producción agrícolas

De acuerdo al inventario de especies vegetales realizado mediante recorridos por los sistemas de producción agrícola, se encontraron 245 especies distribuidas en 84 familias botánicas. Las familias que presentaron mayor número de especies fueron: Asteraceae (20), Poaceae (18), Rosaceae (17), Brassicaceae (13), Fabaceae y Lamiaceae (12), Solanaceae (10), Apiaceae y Amaranthaceae (8), Malvaceae (6) y Verbenaceae, Polygonaceae, Onagraceae, Myrtaceae y Geraniaceae (4 cada familia). Las demás familias encontradas están compuestas por una, dos o tres especies (*Gráfico 9*).

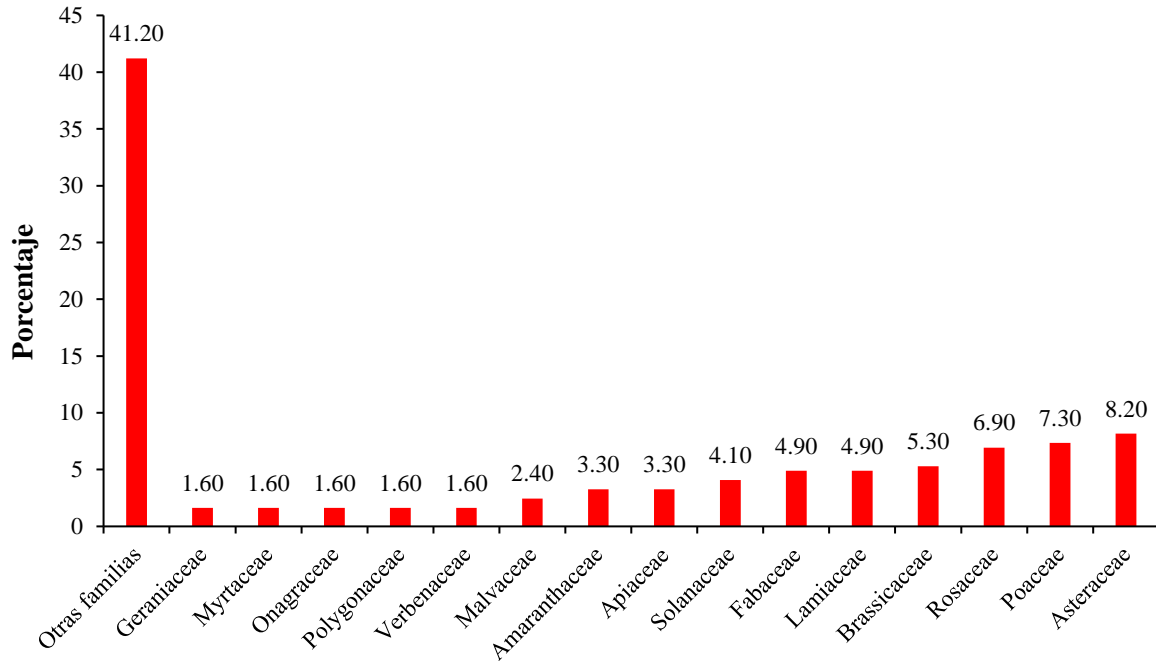


Gráfico 9 Porcentaje de familias encontradas en los sistemas de producción de la microcuenca del río Cutilcay.

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

Las familias con mayor número de especies registradas en los sistemas de producción de la microcuenca en estudio coinciden parcialmente con lo reportado por Parra et al. (2004) y Arakaki y Cano (2003), en estudios de composición florística y vegetación de una microcuenca andina en Perú, en donde, las familias mejor representadas fueron: Asteraceae, Poaceae y Fabaceae, con 30, 23 y 10 especies, respectivamente. Resultados similares fueron reportados por Chacón y Saborío (2006) quienes realizaron un análisis taxonómico de las especies introducidas en Costa Rica y encontraron un elevado número de especies en las familias Poaceae, Fabaceae y Asteraceae. Gentry (1982) y Young y Cano (1994) confirman que son familias dominantes y las más ricas en especies en la flora andina.

La alta dispersión intercontinental de las asteráceas corresponde a su bajo nivel de patrones geográficos, según lo afirmado por Noyes y Rieseberg (1999) con base a un estudio de caracteres morfológicos. Dillon y Zapata (2004) y Funk et al. (1995) mencionan que existe una alta diversidad de asteráceas en los andes de Suramérica y muchos géneros están restringidos por hábitats de altura donde existen activos procesos de especiación y diversificación. Por su



parte Tapia (2010) menciona que esta familia es considerada cosmopolita, mientras que el libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador sitúa a las asteráceas como la segunda más exclusiva del Ecuador con el 8% del total de especies endémicas en relación a la flora de este país (León et al. 2011).

El resultado de la familia Poaceae concuerda con lo expresado por Daehler (1998) y Pysek (1998) al explicar que muchas especies de gramíneas han sido introducidas intencionalmente en diversas regiones. A esto DeWett (1981) añade sobre su impacto positivo como fuente de alimento, forraje, energéticos y materiales para la construcción, entre otros. Sin embargo, también existen gramíneas que han sido introducidas accidentalmente con especies de importancia económica, causando impactos negativos ya que se han convertido en malezas (Sánchez, 2019).

Como tercera familia con mayor número de especies se encuentra la Rosaceae, lo cual se debe a que los tipos de producción mixtos y frutícolas presentaron un alto número de especies frutales de esta familia. Los frutales de esta familia botánica son importantes económicamente además de ser característicos de los Andes en donde se encuentra la microcuenca del río Cutilcay (GAD Bulán, 2015).

La agrobiodiversidad funcional promedio de los sistemas de producción de la microcuenca fue de 0.18 como se observa en la **Tabla 10**. Sin embargo, este valor no se considera adecuado u óptimo ya que no llega al umbral del IDA establecido en la metodología (0.70).

Tabla 10 Valores del índice y subíndices de agrobiodiversidad de los tipos de producción agrícolas.

Tipos de producción	Subíndices				IDA (Índice de Agrobiodiversidad)
	IFER	IFE	IAVA	ICOM	
Bajo cubierta	0.11	0.03	0.25	0.14	0.13
Frutícola	0.16	0.15	0.30	0.22	0.21
Hortícola	0.17	0.03	0.29	0.12	0.15
Mixto	0.27	0.16	0.24	0.21	0.22
Promedio	0.18	0.09	0.27	0.17	0.18

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

De los cuatro subíndices evaluados, ninguno supera el valor de 0.70. Sin embargo, el que presentó en promedio el valor más favorable es el de biodiversidad para la alimentación del suelo (IAVA) con un valor de 0.27. Esto se debe a que los tipos de producción principalmente mixtos y frutales presentaron mayor cantidad de especies consideradas como arvenses, seguido de gramíneas y leguminosas. Mientras que el tipo de producción hortícola (en cultivos como *Solanum tuberosum* (papa) y *Daucus carota* (zanahoria)), en su mayoría presentaron mayor número de árboles y arbustos nativos como influencia del chaparro o matorral que se encuentra alrededor de los mismos.

Con relación al subíndice de biodiversidad para la alimentación humana (IFER), este presentó un valor de 0.18, considerándose no eficiente o adecuado, siendo un valor predecible ya que los sistemas de producción cultivan de una a cinco especies de interés económico. Este resultado concuerda con los resultados presentados por Suarez (2014) en fincas campesinas agroecológicas y convencionales en el Valle del Cauca, Colombia, en donde este subíndice se encuentra en segundo lugar. Además, argumenta que la finalidad de los sistemas de producción y el pensamiento de los campesinos, es producir alimentos para el mercado local y generar ingresos a la familia para las necesidades que la finca no resuelve. Altieri (1999), Hole et al. (2005) y Matson et al. (1997) exponen que la búsqueda de mayores rendimientos conlleva a



una extraordinaria simplificación de los sistemas agrícolas, así como de especies y variedades cultivadas.

Con respecto a los subíndices de biodiversidad complementaria (ICOM) y para la alimentación animal (IFE) estos presentaron valores no adecuados de 0.17 y 0.09 respectivamente. Esto refleja la realidad de los sistemas de producción, ya que tienen como principal objetivo la producción de especies frutales y hortícolas de interés económico. Mientras que la crianza y cuidado de animales es de menor interés al igual que las especies ornamentales o medicinales.

Los resultados mencionados respecto al ICOM concuerdan con Díaz y Cabido (2001) quienes afirman que varias especies pertenecientes a pocas familias botánicas aportan menos funcionalidad y sostenibilidad al agroecosistema. Un estudio realizado por Leyva y Lores (2012) en sistemas de producción con prácticas agroecológicas en Cuba, explica que el IFE no es eficiente debido a la especialización de los agroecosistemas. Se menciona que la baja diversidad del IFE es producto del poco conocimiento que existe del papel que éste juega en la sostenibilidad general de las fincas (Suarez, 2014).

7.5.1. Comparación entre los tipos de producción

Los tipos de producción agrícola presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) respecto a la variable agrobiodiversidad funcional. Esto demuestra que los tipos de producción mixto y frutícola tuvieron mayor agrobiodiversidad funcional al presentar medianas de 0.22 y 0.20 respectivamente. A diferencia de los tipos de producción hortícola y bajo cubierta que presentaron medianas de 0.15 y 0.12 respectivamente. A pesar de ello ningún tipo de producción es agrobiodiverso ya que los valores obtenidos son inferiores a 0.70 según lo establecido en la metodología (*Tabla 11* y *Gráfico 10*).

Tabla 11 Prueba de Kruskal-Wallis para los tipos de producción agrícolas con relación a la variable agrobiodiversidad funcional.

a) Desviación estándar y medianas para los tipos de producción agrícolas y para la variable agrobiodiversidad funcional

	Tipo	N	D.E.	Medianas
Tipo de producción	Bajo cubierta	23	0.03	0.12
	Frutícola	62	0.06	0.2
	Hortícola	61	0.06	0.15
	Mixto	58	0.08	0.22
Agrobiodiversidad funcional		204	0.07	0.18

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

b) Estadísticos de la prueba de Kruskal-Wallis ^{a, b} (P<0.05)

Agrobiodiversidad funcional	
Chi-cuadrado	53.25
gl	3
p-valor	0.0001

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Tipo de producción

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

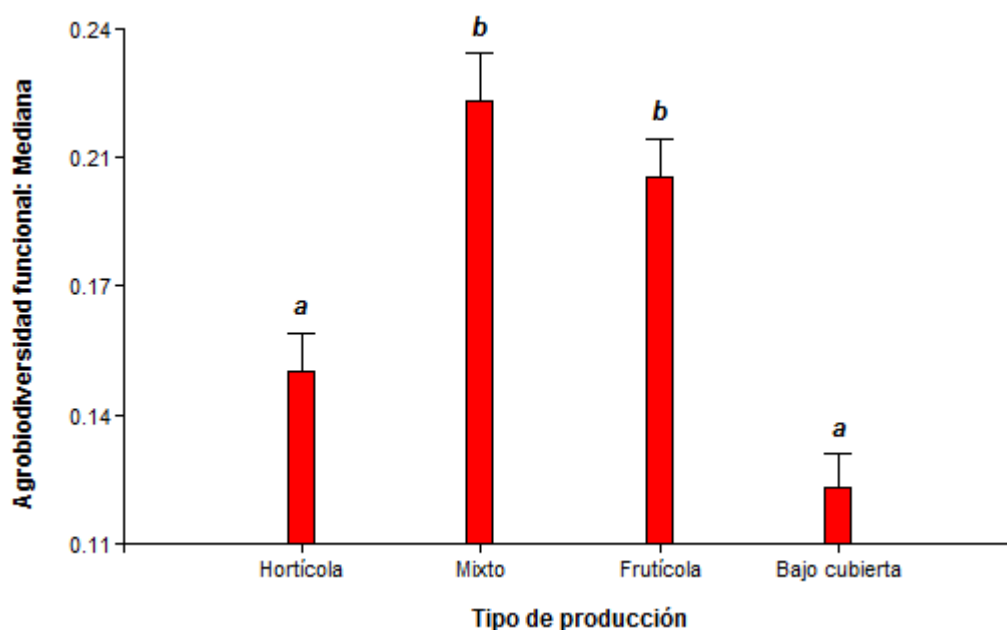


Gráfico 10 Medianas de la agrobiodiversidad funcional ± errores estándar de los tipos de producción agrícolas. Letras diferentes significan diferencias significativas.

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020



El valor de la agrobiodiversidad obtenido en los tipos de producción mixto y frutícola se debe a que mantienen una línea de trabajo diferente a los tipos de producción hortícola y bajo cubierta. Los tipos de producción mixto y frutícola además de tener mayor variedad de especies frutales y hortalizas, mantienen las arvenses, cobertura del suelo y cercas vivas, lo que incrementa su diversidad. El comportamiento de los tipos de producción mixto y frutícola presenta rasgos similares a los sistemas de producción familiar. Ante esto Fernández y Marasas (2015) y Funes et al. (2009) afirman que la diversidad integrada en los cultivos es una estrategia minimizadora del riesgo en la pérdida de sostenibilidad de los sistemas de producción. Al contrario de los sistemas convencionales de tipo empresarial que son caracterizados por el monocultivo.

Los tipos de producción hortícola y bajo cubierta se han especializado en cultivar únicamente *Solanum tuberosum* (papa), *Daucus carota* (zanahoria) o *Lycopersicon esculentum* (tomate de mesa) de manera intensiva. Esto ha dado lugar a incrementar la aplicación de herbicidas y la frecuencia de desmalezado. Además, no se presenta el interés en diversificar los cultivos o añadir especies complementarias. Estos resultados coinciden parcialmente con lo reportado por Alessandria et al. (2002) quienes determinaron bajos valores de riqueza en cultivos de vegetales en Argentina. Así mismo se concuerda con Stupino et al. (2012) quienes mencionan que los sistemas intensivos con dependencia de insumos impactan negativamente en la agrobiodiversidad.

7.6. Correlaciones entre las variables en estudio

Las variables sostenibilidad y eficiencia energética presentaron una correlación débil según el coeficiente de Spearman ($r = 0.278$; $P < 0.01$) (**Tabla 12**). También se registraron correlaciones escasas o nulas según el coeficiente de Spearman con valores $r \leq 0.25$.

Tabla 12 Matriz de correlaciones de Spearman entre las variables estudiadas.

			Sostenibilidad	Agro biodiversidad	Eficiencia	Altitud
Rho de Spearman	Sostenibilidad	Coeficiente de correlación	1.000	0.168*	0.278**	0.241**
		p-valor (bilateral)		0.017	0.0001	0.001
		N	204	204	204	204
	Agrobiodiversidad	Coeficiente de correlación	0.168*	1.000	0.198**	-0.117
		p-valor (bilateral)	0.017		0.004	0.096
		N	204	204	204	204
	Eficiencia	Coeficiente de correlación	0.278**	0.198**	1.000	0.137
		p-valor (bilateral)	0.0001	0.004		0.051
		N	204	204	204	204
	Altitud	Coeficiente de correlación	0.241**	-0.117	0.137	1.000
		p-valor (bilateral)	0.001	0.096	0.051	
		N	204	204	204	204

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

El análisis de correlación entre la sostenibilidad y eficiencia energética indica que no existe una dependencia notoria entre dichas variables (*Gráfico 11*). Es así que en la microcuenca del río Cutilcay se observó sistemas de producción que presentaron valores bajos en eficiencia energética conjuntamente con valores altos o bajos en la sostenibilidad. Así también, existen sistemas de producción que presentaron valores altos tanto en eficiencia energética como en sostenibilidad, incluso superando el umbral de integridad establecido con respecto a esta última variable.

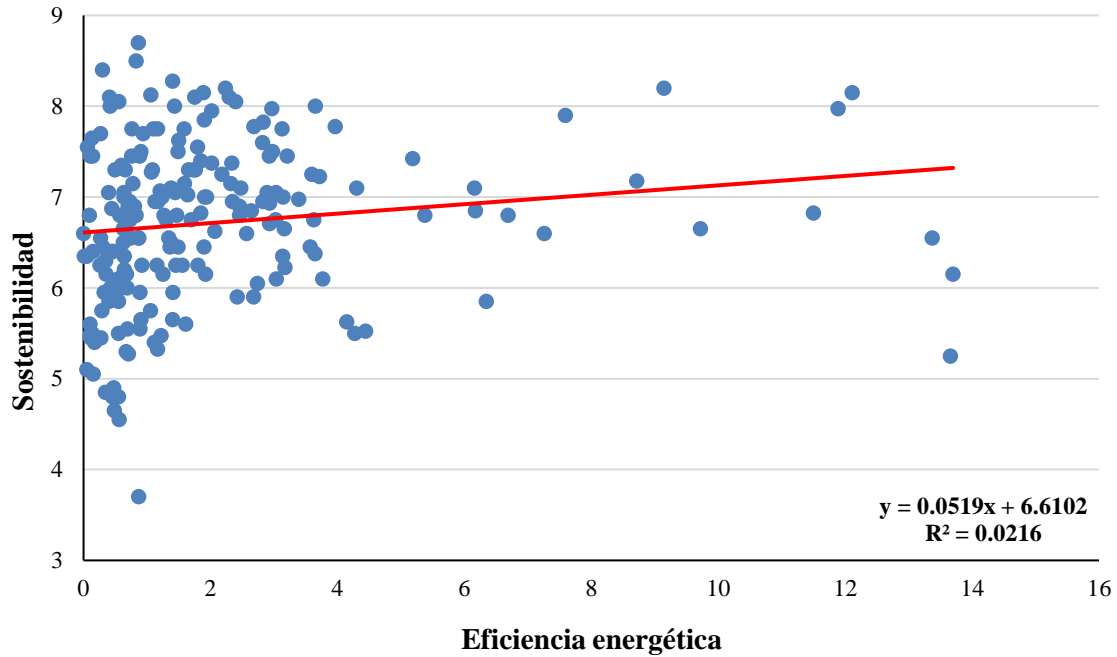


Gráfico 11 Correlación entre la sostenibilidad y eficiencia energética de los sistemas de producción agrícolas evaluados en la microcuenca del río Cutilcay.

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

Si embargo, varios autores afirman una estrecha relación entre dichas variables, ya que el uso eficiente de la energía dentro del sistema de producción agrícola es una importante condición para alcanzar la sostenibilidad de dicho sistema (Altieri y Nicholls, 2000; Tzilivakis et al., 2005; Gliessman et al., 2007; Deike et al., 2008, Zentner et al., 2011). Souza (2005) afirma que los análisis de sostenibilidad deben basarse en la eficiencia energética de los sistemas. Por lo tanto, los sistemas de producción que son técnicamente efectivos, ecológicamente correctos, económicamente viables y socialmente justos, se vuelven insostenibles si no son energéticamente eficientes.

7.7. Consideraciones finales de los tipos de producción con relación a las variables estudiadas

Los tipos de producción frutícola, mixto y hortícola se caracterizan por ser sostenibles y eficientes, a diferencia del tipo de producción bajo cubierta que se caracteriza por ser sostenible pero no eficiente energéticamente. Sin embargo, ningún tipo de producción tiene la

característica de ser agro biodiverso, debido a que poseen valores bajo el umbral establecido en la metodología (*Gráfico 12*).

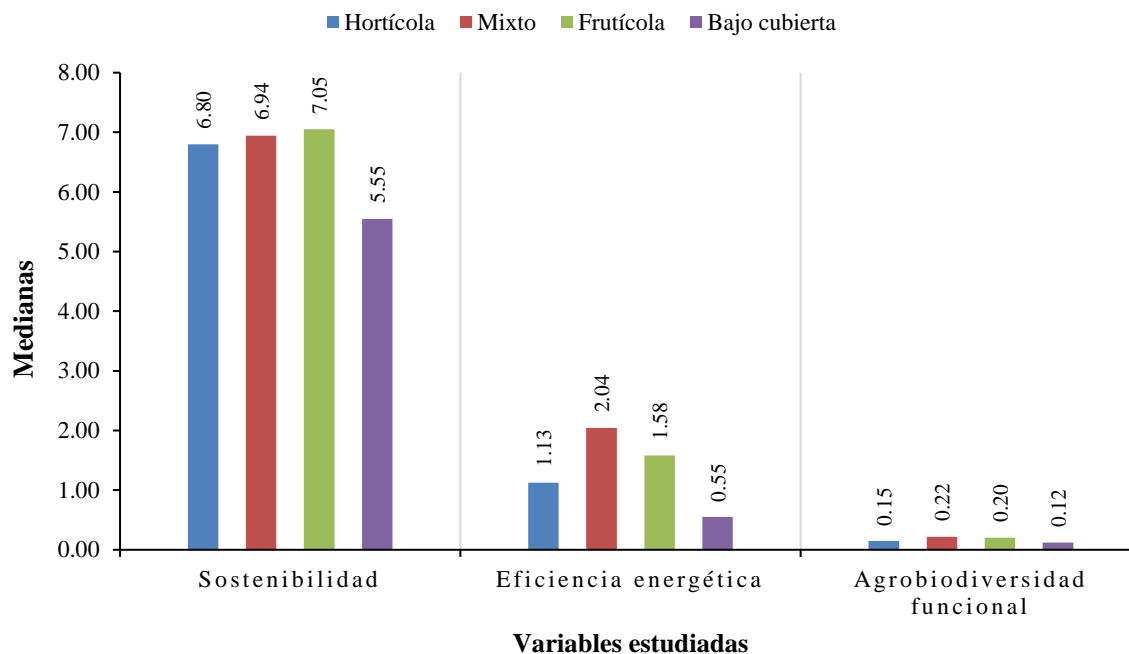


Gráfico 12 Medianas de cada variable estudiada correspondiente a los tipos de producción agrícolas de la microcuenca del río Cutilcay.

Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

Los tipos de producción frutícola y mixto obtuvieron los valores más altos en las variables agrobiodiversidad funcional y eficiencia energética. Esto indica que mientras más se conserve o incluya la biodiversidad en un sistema de producción, este puede llegar a ser más eficiente al utilizar menos energía en las diferentes actividades. Gargoloff et al. (2009) mencionan que el gasto de energía depende de los conocimientos de agricultores y profesionales sobre la capacidad de interpretar el potencial que brinda la agrobiodiversidad funcional en la regulación biótica de un sistema productivo.

Varios autores explican que se ha establecido un vínculo entre el consumo de energía y el nivel de intensificación de los agroecosistemas (Hass et al., 2001; Denoia et al., 2006). Aquí la disminución del uso de energía puede estar asociada a la adecuada presencia y manejo de la agrobiodiversidad (Gliessman, 2002; Iermanó y Sarandón, 2010). En el mismo sentido,



Iermanó et al. (2015) exponen en su estudio realizado en Argentina que los sistemas de producción familiar mixtos presentaron mayores valores de agrobiodiversidad y menores valores de consumo energético.

8. CONCLUSIONES

La evaluación de los 204 sistemas agrícolas en la microcuenca del río Cutilcay determinó la existencia de cuatro tipos de producción agrícola, dentro de los cuales se encuentra con mayor representatividad el tipo de producción frutícola que está conformado en su mayoría por frutales caducifolios de la familia Rosaceae.

La caracterización de la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola permitió tener una idea general de las características de integridad ecológica de los sistemas en estudio. A partir de esto, se encontró que el promedio de sostenibilidad de los sistemas de la microcuenca se encuentra por encima del umbral ecológico. Además, los tipos de producción presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) con respecto a la variable sostenibilidad, mostrando que el tipo de producción bajo cubierta es el menos sostenible.

La mayoría de los sistemas de producción evaluados presentaron un balance energético positivo. El insumo fertilizante químico presentó el mayor gasto energético del total de los insumos utilizados en los sistemas de producción. Los tipos de producción presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) con respecto a la variable eficiencia energética. Con esto se mostró que el tipo de producción bajo cubierta es el menos eficiente.

Se encontró 245 especies vegetales distribuidas en 84 familias botánicas. Las familias que presentaron mayor número de especies fueron: Asteraceae, Poaceae y Rosaceae. Ningún sistema de producción presentó un índice de agrobiodiversidad funcional (IDA) adecuado u óptimo de acuerdo al umbral establecido en la metodología. Los tipos de producción



presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$), mostrando que los mixtos y frutícolas tienen mayores valores de IDA.

De acuerdo al análisis de correlaciones, las variables sostenibilidad y eficiencia energética presentaron una correlación débil según el coeficiente de Spearman, lo que sugiere que no existe una dependencia notoria entre dichas variables.

Finalmente, los tipos de producción frutícola, mixto y hortícola se caracterizan por ser sostenibles y eficientes, a diferencia del tipo de producción bajo cubierta que se caracteriza por ser sostenible pero no eficiente energéticamente. Sin embargo, ningún tipo de producción tiene la característica de ser agrobiodiverso.

9. RECOMENDACIONES

Con respecto a la metodología empleada para caracterizar la sostenibilidad de los sistemas de producción, se recomienda emplear análisis de laboratorio físicos y químicos que permitan validar y contrastar la metodología propuesta por Altieri y Nicholls. Finalmente se recomienda realizar estudios posteriores en los sistemas de producción agrícola evaluados, empleando la misma metodología de esta investigación para que se pueda establecer las posibles fluctuaciones en el tiempo y predecir los cambios en dichos sistemas. De esta manera se podrá tomar decisiones correctas con la finalidad de alcanzar una armonía ecológica sostenible.

10. BIBLIOGRAFÍA

Acuña, D. (2015). Agricultura sostenible : antecedentes e iniciativas, (1987), 1–7.

Alessandria, E., Leguía, H., Pietrarelli, L., Zamar, J., Luque, S., Sánchez, J., Arborno, M. y

Rubin, D. (2002) Incidencia de plagas en sistemas de producción extensivos en Córdoba, Revista Diversidad agrícola, 2, 9-12.

Alluvione, F., Moretti, B., Sacco, D., y Grignani, C. (2011). EUE (Energy Use Efficiency) of



cropping systems for a sustainable agriculture. *Energy*, 36(7), 4468–4481.

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.03.075>

Almeida, A. (2005). Educacao ambiental e qualidade de vida. Disponível em:

<http://www.cbssi.com.br/revista01.htm>.

Altieri, M. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture*

Ecosystems and Environment 74: 19-31

Altieri, M., y Nicholls, C. (2000). Bases agroecológicas para una agricultura sustentable. p. 13-

43. En M. Altieri y C.I. Nicholls (eds.) *Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. México.

Altieri, M. y Nicholls, C. (2002). Un método agroecológico rápido para la evaluación de la

sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 64(64), 17–24.

Altieri, M., Koohafkan, P., y Holt, E. (2012). Agricultura verde: fundamentos agroecologicos

para diseñar sistemas agrícolas biodiversos, resilientes y productivos. Obtenido de *Agroecología* 7: 7-18.

Alvarado, P., García, M., Salgado, M., y Vélez, S. (2005). Manejo del agua y suelo, en la

cuenca del Cutilcay en base al ordenamiento territorial. Cuenca-Ecuador.

Añazco, M. (2018). Agricultura sostenible en Ecuador.

Arakaki, M. y Cano, A. (2003). Composición florística de la cuenca del río Ilo-Moquegua y

Lomas de Ilo, Moquegua, Perú. *Revista Perú. Biol.* 10(1): 5 - 19.

Arrúe, J., Fuentes, J., y Cantero, C. (2011). La eficiencia energética en la agricultura de



conservación frente a la agricultura tradicional, 1–9.

Astaíza, J., Muñoz, M., Benavides, C., Vallejo, D., y Chaves, C. (2017). Caracterización técnica y productiva de los sistemas de producción lechera del valle de Sibundoy, Putumayo (Colombia). *Revista de Medicina Veterinaria*, 34(34), 31. <https://doi.org/10.19052/mv.4253>

Barrezueta, S. (2015). Introducción a la sostenibilidad agraria: con enfoque de sistemas e indicadores.

Blanco, Y. y Leyva, Á. (2007). Las Arvenses en el Agroecosistema y sus beneficios naturales. *Cultivos Tropicales*, 28, 21–28.

Bojacá, C. R., Casilimas, H. A., Gil, R., y Schrevens, E. (2012). Extending the input-output energy balance methodology in agriculture through cluster analysis. *Energy*, 47(1), 465–470. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.09.051>

Bravo, C., Benítez, D., Vargas, J., Alemán, R., Torres, B., y Marín, H. (2015). Caracterización socio-ambiental de unidades de producción agropecuaria en la Región Amazónica Ecuatoriana: Caso Pastaza y Napo Socio-Environmental Characterization of Agricultural Production Units in the Ecuadorian Amazon Region, Subjects: Pastaza and Nap. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 4, 3–31.

Calvache, M. (2015). VII Congreso sudamericano de agronomía. Manejo sostenible de los suelos del ecuador. Universidad tecnológica equinoccial. <https://www.researchgate.net/publication/301701400>.

Canakci M., Topakci M., Akinci I. y Ozmerzi A. (2005). Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case study for Antalya Region, Turkey. *Energy Conversion and Management*, 46: 655–666.



- Castoldi, N. y Bechini, L. (2010). Integrated sustainability assessment of cropping systems with agroecological and economic indicators in northern Italy. *European Journal of Agronomy* 32: 59-72
- CATIE. (2004). Programa FOCUENCAS II: Innovación, Aprendizaje y Comunicación para la Cogestión Adaptativa de Cuencas. (Resumen ejecutivo). CATIE, Turrialba, Costa Rica. 24 p.
- Çelik, Y., Peker, K. y Oguz, C. (2010). Comparative analysis of energy efficiency in organic and conventional gardening systems: A case study of black carrot (*Daucus carota* L.) Production in Turkey. *Philipp Agric Scientist* 93(2):224–231
- Cerfontaine, B., Panhuysen, S., y Wunderlich, C. (2014). Sostenibilidad agrícola. UNFSS – United Nations Forum on Sustainability Standards, 4(4), 44.
- Chacón, E. y Saborío, G. (2006). Análisis taxonómico de las especies de plantas introducidas en costa rica. *Lankesteriana International Journal on Orchidology*, 6(3),139-147. ISSN: 1409-3871. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443/44339812007>
- Chaveli, P., Font, L., Calero, B., López, P., Francisco, A., Caballero, R., y Valenciano, M. (2006). Evaluación de algunos indicadores microbiológicos en dos suelos arroceros de la provincia de Camagüey, Cuba.
- Chilpe, J. (2018). Evaluación de la sostenibilidad de sistemas de producción hortícola pequeños y medianos de la parroquia San Joaquín del cantón Cuenca. Obtenido de Universidad de Cuenca.
- Costanza, R., y Daly, H. (1992). *Natural Capital and Sustainable Development*, 6(1), 37–46.
- Daehler, C. (1998). The taxonomic distribution of the invasive angiosperm plants: ecological



- insights and comparison to agricultural weeds. *Biol. Conserv.* 84: 167-180.
- Dagistan, E., Akcaoz, H., Demirtas, B. y Vilmaz, Y. (2009). Energy usage and benefit-cost analysis of cotton production in Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 4(7): 599–604.
- Dalgaard, T., Halberg, N., y Porter, J. (2001). A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agric. Ecosyst. Environ.* 87, 51–65.
- De Souza, J., Casali, V., Santos, R., y Cecon, P. (2008). Balanço e análise da sustentabilidade energética na produção orgânica de hortaliças. *Horticultura Brasileira*, 26(4), 433–440. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362008000400003>
- Deike, S., Pallut, B., Melander, J., Strassemeyer, I. y Christen, O. (2008). Long-term productivity and environmental effects of arable farming as affected by crop rotation, soil tillage intensity and strategy of pesticide use: A case-study of two long-term field experiments in Germany and Denmark. *European Journal of Agronomy* 2:191-199
- Denoia, J., Vilche, M., Montico, S., Tonel, B., y Di Leo, N. (2006). Análisis descriptivo de la evolución de los modelos tecnológicos difundidos en el distrito Zavalla (Santa Fe) desde una perspectiva energética. *Ciencia, Docencia y Tecnología*. Año. XVII, n.33, p.209-226
- Denoia, J., y Montico, S. (2010). Balance de energía en cultivos hortícolas a campo en Rosario, Argentina. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, (41), 145–157. Retrieved from http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14515335007%0Ahttp://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17162010000200007
- Dewett, J. (1981). Grasses and the culture history of man. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 68(1): 87-104. DOI: <https://doi.org/10.2307/2398812>



Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C. (2014).

Infostat versión 2014. Infostat Group, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Díaz, S., y Cabido, M. (2001). Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *British Journal of Developmental Psychology*, 24(2), 419–427.

<https://doi.org/10.1348/026151005X50753>

Díaz, S., Gurvich, D. E., Pérez, N., y Cabido, M. (2002). Artículo invitado ¿Quién necesita tipos funcionales?, 37(1934), 135–140.

Dillon, M. y Zapata, M. (2004). Systematics of *paranephelispoepp.* & Endl. (Liabeae-Asteraceae): A case study in high-elevation speciation. [Http:// www.sacha.org](http://www.sacha.org).

FAO. (1995). Manual del Instructor de la FAO, vol. 1. Sustainability issues in agricultural and rural development policies

FAO. (2002). Agricultura de conservación. Estudio de casos en América Latina y África. Boletín de Suelos de la FAO.

FAO. (2015). Post 2015 y ODS - Alimentar a las personas, nutrir al planeta. Agricultura Sostenible, 2.

FAO. (2016). Agricultura sostenible Una herramienta para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe, 48.

FAUGT (2008): Medio Ambiente y trabajos en invernaderos. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 168 pp

Fernández, V., y Marasas, M. (2009). Estudio Preliminar de la Riqueza de Vegetación Arvense en Fincas de Producción Hortícola con Manejo Convencional y Bajo Principios



Agroecológicos . Su Aporte al Proceso de Transición, 4(2), 3599–3603.

Fernández, V., y Marasas, M. (2015). Análisis comparativo del componente vegetal de la biodiversidad en sistemas de producción hortícola familiar del Cordón Hortícola de La Plata (CHLP), Provincia de Buenos Aires, Argentina. Su importancia para la transición agroecológica. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 114(3), 15–29.

Funes, F. (2009). AGRICULTURA CON FUTURO La alternativa agroecológica para Cuba. *Estación Experimental “Indio Hatuey,”* 91, 399–404.

Funes, F., López, S. y Tittone, P. (2009). Diversidad y eficiencia: elementos claves de una agricultura ecológicamente intensiva. *LEISA Revista de Agroecología*. 25 (1), 12-14

Funk, V., Robinson, H., Mckee, G. y Pruski, J. (1995). Neotropical montane Compositae with an emphasis on the Andes. In: *Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests* (Churchill, S.P., ed.), pp. 451-471. New York Botanical Garden, New York

GAD Bulán. (2012). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial gobierno autónomo descentralizado parroquial de Bulán Tomo I, 182.

GAD Bulán. (2015). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial gobierno autónomo descentralizado parroquial de Bulán Tomo I.

GAD Paute (2014). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Paute. Tomo I: Diagnóstico por componentes e integrado. http://app.sni.gob.ec/sni,link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0160000510001_DIAGN%C3%93STICO_GADM_PAUTE%20FINAL_12-03-2015_09-21-02.pdf?fbclid=IwAR0wylFWUU-3TawXMR_HEe1ORCB2m-IM1oiaTj6QLboZO2fnA8nY1gVgBPY.



- Gargoloff, N., Bonicatto, M., Sarandón, S. y Albadalejo, C. (2009). Análisis del Conocimiento y Manejo de la Agrobiodiversidad en Horticultores Capitalizados, Familiares y Orgánicos de La Plata, Argentina. *Rev. Bras. De Agroecologia/nov.* 2009 Vol. 4 No. 2.
- Garzón, P., y Lucero, C. (2018). Diagnóstico de la oferta exportable de los cantones Paute y Guachapala.
- Gentry, A. (1982). Neotropical floristic diversity: Phytogeographical connections between Central and South America, Pleistocene climatic fluctuations or an accident of the Andean Orogeny? *Ann. Missouri Bot. Gard.* 69(3): 555-625
- Gliessman, S. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 359 p.
- Gliessman, S., Rosado-May, F., Guadarrama, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Mendez, V. (2007). *Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad*. *Ecosistemas* 16(1):13-23.
- Gokdogan, O., y Sevim, B. (2016). Determination of Energy Balance of Wheat Production in Turkey : A Case Study of Eskil District of Aksaray Province Türkiye ' de Buğday Üretiminde Enerji Bilançosunun Belirlenmesi : Aksaray İli Eskil İlçesi Örneği. 13(04).
- Gökdoğan, O. y Erdoğan, O. (2017). Evaluation of energy balance in organicolive (*Olea europaea* L.) Production inturkey, Acase study of Aydın-Karpuzlu region. *Erwerbs-Obstbau*. <https://doi.org/10.1007/s10341-017-0338-6>
- Gómez, J. (2011): "Waste magazine". Obtenido May 2011, de Contaminación e Invernaderos: <http://waste.ideal.es/invernaderos.htm>
- Gómez, A., Sweye, D., Syers, J. y Coughlan, K. (1996). Measuring sustainability of



agricultural Systems at the farm level. Methods for assessing soil quality. Soil Science Society of America. Special Publication, 49, 401-410.

Gutiérrez, J., Aguilera, I., & González, C. (2007). Agroecología y sustentabilidad. Obtenido de *Convergencia* vol.15 no.46 Toluca: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-14352008000100004

Guzmán, C. (2016). Generación de indicadores de sostenibilidad en pequeños sistemas de producción de caña en la vereda pilaca, municipio Sasaima, Cundinamarca, Colombia. ММИТ. Universidad de Manizales.

Haas, G., Wetterich, F. y Köpke, U. (2001). Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. *Agriculture, Ecosystems and Environmental*. 83: 43-53.

HEIFER. (2014). La agroecología está presente - Mapeo de productores agroecológicos y del estado de la agroecología en la sierra y costa ecuatoriana.

Hole, D., Perkins, A., Wilson, J., Alexander, I., Grice, P. y Evans, A. (2005). Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122: 113-130.

Hulsbergen, K., Feil, B., Biermann, S., Rathke, G., Kalk, W., y Diepenbrock, W. (2001). A method of energy balancing in crop production and its application in a long-term fertilizer trial. *Agric. Ecosyst. Environ.* 86, 303–321.

Iermanó, M., Gargoloff, A., Sarandón, S., y Alamada, C. (2017). Análisis de la biodiversidad funcional: un instrumento para abordar la dimensión ecológico-productiva de la sustentabilidad ., (September 2017), 5.



- Iermanó, M., Sarandón, S., Tamagno, N., y Maggio, A. (2015). Evaluación de la agrobiodiversidad funcional como indicador del “potencial de regulación biótica” en agroecosistemas del sudeste bonaerense. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 114(3), 1–14.
- Iermanó, M. y Sarandón, S. (2010). Cultivo de soja para la producción de agrocombustibles (biodiesel) en la pampa húmeda: energía invertida en la regulación biótica. Libro de resúmenes de las XVIII Jornadas de Jóvenes Investigadores de la AUGM (Asociación de Universidades Grupo Montevideo), Ciudad de Santa Fe.
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2010). Fascículo Provincial Azuay. Disponible en URL: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/>
- Kitani, O. (1998). Energy and environment in agricultural engineering research. In: *International Engineering Conference Bangkok*. Bangkok: Thai Society of Agricultural Engineering.
- Kizilaslan, H. (2009). Input – output energy analysis of cherries production in Tokat Province of Turkey. *Applied Energy*, 86(7–8), 1354–1358. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.07.009>
- Laureto, L. M. O., Cianciaruso, M. V., y Samia, D. S. M. (2015). Functional diversity: An overview of its history and applicability. *Natureza e Conservacao*, 13(2), 112–116. <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2015.11.001>
- Leff, E. (2000). *Tiempo de sustentabilidad*, 5–14.
- Leyva, A., y Lores, A. (2012). Nuevos Índices Para Evaluar La Agrobiodiversidad. *Agroecología*, 7(1), 109–115.



- León, J. (2006). Estrategias de vida en familias cafeteras y su relación con la riqueza etnobotánica de fincas en el departamento de Caldas , Colombia ., 143.
- León, S., Valencia, R., Pitman, N., Endara, L., Ulloa, C. y Navarrete, N. (eds.). (2011). Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador, 2ª edición. Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Loaiza, W., Carvajal, Y., y Ávila, A. (2014). Evaluación agroecológica de los sistemas productivos agrícolas, 17, 161–179.
- Mandal, K., Saha, K., Ghosh, P., Hati, K., y Bandyopadhyay, K. (2002). Bioenergy and Economic Analysis of Soybean-based Crop Production Systems in Central India. *Biomass Bioenergy*, 23(5): 337–345.
- Martínez, R. (2009). Sistemas de producción agrícola sostenible, 22, 23–39.
- Matson, P., Parton, W., Power, A., y Swift, M. (1997). Agricultural Intensification and Ecosystem Properties. *Science* 277: 504-509.
- Mejía, R. (2014). Evaluación del sistema hortícola intensivo en la parroquia San Joaquín – Azuay – Ecuador.
- Mohammadi, A. y Omid, M., (2010). Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Applied Energy*, 87: 191–196.
- Morales, P. (2012). Muestras probabilísticas o aleatorias. *Estadística Aplicada a Las Ciencias Sociales*, 2–3. Retrieved from <http://web.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/TamaoMuestra.pdf>
- Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C., Da Fonseca, G., y Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 408(7326), 895.



[https://doi.org/10.1038/468895^a](https://doi.org/10.1038/468895a)

Namdari, M., Kangarshahi, A. y Amiri, N. (2011). Input-output energy analysis of citrus production in Mazandaran province of Iran. *Afr. J. Agric. Res.* 6, 2558-2564.

Noyes, R. y Rieseberg, L. (1999). ITS sequence data support a single origin for North American *Astereae* (Asteraceae) and reflect deep geographic divisions in *Aster* s.l. *Amer. J. Bot.* 86(3): 398-412.

Ozkan, B., Akcaoz, H. y Fert, C. (2004). Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*;29:39-51

Padilla, R. (SF). Diagnóstico para la identificación de zonas de intervención en la microcuenca Cutilcay - Paute.

Parra, F., Torres, J. y Ceroni, A. (2004). Composición florística y vegetación de una microcuenca andina: El Pachachaca (Huancavelica). *Ecología Aplicada*, 3(1,2)

PDOT Paute. (2015). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Bulán Tomo I Diagnostico por componentes e integrado, I, 371.

Pérez, J., López, J. y Fernández, M. (2002). “La agricultura del Sureste: situación actual y tendencias de las estructuras de producción en la horticultura almeriense”, en J. M. García Álvarez-Coque (ed): *La Agricultura Mediterránea en el siglo XXI. Mediterráneo Económico*, 2, pp. 262-282

Pimentel, D. (2005). Environmental and economic costs of the recommended application of pesticides. *Environment, Development, and Sustainability*. Forthcoming.

Pimentel, D., Dazhong, W. y Giampietro, M. (1990). Technological Changes in Energy Use in U.S. Agricultural Production. In: Gliessman S.R. (eds) *Agroecology. Ecological Studies*



(Analysis and Synthesis), vol 78. Springer, New York, NY

Pimentel, D., Hunter, M., Lagro, J., Efronymson, R., Landers, J., Mervis, F. y Mccarthyca, B.

(1989). Benefits and risks of genetic engineering in agriculture. *bioscience*, 39: 606-614.

Pineda, M. (2013). Estudio de la macrofauna en diferentes usos de suelo con laurel de cera

Morella pubescens en la granja experimental Botana. *Jurnal Teknologi*, 1(1), 69–73.

<https://doi.org/10.11113/jt.v56.60>

Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability : Concepts , principles and evidence *Agricultural*

sustainability : concepts , principles and evidence, (May), 20.

<https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2163>

Pyšek, P. (1998). Is there a taxonomic pattern to plant invasions? *Oikos* 82: 282-294.

Qasemikordkheili, P., Kazemi, N., Hemmati, A. y Taki, M. (2013). Energy consumption, input-

output relationship and economic analysis for nectarine production in Sari region, Iran. *Int*

J Agric Crop Sci 5–2:125–131

Reid, W., Mooney, H. y Cropper, A. (2005). Evaluación de los ecosistemas del milenio.

Informe de síntesis. Disponible en: (<http://www.unep.org/maweb/es/Synthesis.aspx>)

Ríos, G. (2009). Propuesta para generar indicadores de sostenibilidad en sistemas de

producción agropecuaria, para la toma de decisiones. Caso: lechería especializada.

Rizo, M., Vuelta, D., y Lorenzo, A. (2017). *Redalyc. Agricultura, desarrollo sostenible,*

medioambiente, saber campesino y universidad, 16.

Romanelli, T. y Milan, M. (2010). Energy performance of a production system of eucalyptus.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 14: 896-903.

Rudel, T., y Horowitz, B. (2013). Tropical deforestation: Small farmers and land clearing in



Ecuadorian Amazon. New York: Columbia University Press.

Sajjad, H., y Nasreen, I. (2016). Assessing farm-level agricultural sustainability using site-specific indicators and sustainable livelihood security index : Evidence from Vaishali district , India. *Community Development*, 5330(October), 1–18.
<https://doi.org/10.1080/15575330.2016.1221437>

Salas, N. (2009). Variación en la diversidad funcional de plantas en cafetales sin sombra, con sombra y bosque (Quindío, Colombia). *Bifurcations*, 45(1), 1–19.
<https://doi.org/10.7202/1016404ar>

SAN. (2010). Norma para Agricultura Sostenible. Red de Agricultura Sostenible. San José, Costa Rica. <http://sanstandards.org/sitio>.

Sánchez, D. (2017). Caracterización de la sustentabilidad, eficiencia energética y rentabilidad económica de los sistemas de producción hortícola de la parroquia San Joaquín-Azuay Ecuador. Obtenido de Universidad de Cuenca:
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28218/1/Tesis.pdf>

Sánchez-Ken, J. (2019). Riqueza de especies, clasificación y listado de las gramíneas (Poaceae) de México. *Acta Botánica mexicana* 126: e1379. DOI: 10.21829/abm126.2019.1379

Sarandón, S., Zuluaga, M., Cieza, R., Gómez, C., Janjetic, L., y Negrete, E. (2006). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores, 10.

Scalone, M. (2007). El enfoque de sistemas de producción agropecuarios y sistemas agrarios regionales. Obtenido de Instituto de Agrimensura:
https://www.fing.edu.uy/sites/default/files/2012/5922/Capitulo4.pdf?fbclid=IwAR0VaqgX9io4icGxKjPI9_nyHJF3U65CyU5RQY78ldgQq18041SFOetTTr4



- Segarra, R. (2019). Riesgo laboral y su relación con los niveles de colinesterasa sérica debido al nivel de exposición en el uso de plaguicidas en los agricultores de tomate en invernadero, papa y durazno en la parroquia Bulán del cantón Paute Ecuador, durante el 2018. Obtenido de Universidad de Cuenca.
- Seyed, H. (2006). Energy Efficiency and Ecological Sustainability in Conventional and Integrated Potato Production System. *Advanced Technology in the Environmental Field*. Islas Canarias, España. 265p. (Original no consultado) compendiado en Science direct (online) <<http://www.sciencedirect.com/>.
- Sierra, R. (2013). Patrones y Factores de Deforestación en el Ecuador Continental, 1990-2010. Y un Acercamiento a los Proximos 10 Años. *Conservacionn Internacional Ecuador y Forest Trends*, 98. [https://doi.org/71/1/3 \[pii\]\n10.1158/0008-5472.CAN-10-2483](https://doi.org/71/1/3 [pii]\n10.1158/0008-5472.CAN-10-2483)
- SIGTIERRAS, Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (2017). Memoria explicativa del Mapa de Órdenes de Suelos del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Silva, L., y Ramírez, O. (2017). Redalyc. Evaluación de agroecosistemas mediante indicadores de sostenibilidad en San José de las Lajas, provincia de Mayabeque, Cuba. *Luna Azul*, 44, 34. <https://doi.org/10.17151/luaz.2017.44.8>
- Singh, H., Mishra, D., Nahar, N. y Ranjan, M. (2002). Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone India: part II. *Energy Conversion and Management*, 44(7): 1053–1067. Germany.
- Soto, J., Libório, T., Gimenez, L., Busato, P., y Milan, M. (2015). Energy embodiment in Brazilian agriculture: An overview of 23 crops. *Scientia Agricola*, 72(6), 471–477. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0188>



- Souza, J. (2005). Agricultura Orgânica: tecnologias para a produção de alimentos saudáveis, 2 v. Vitória: INCAPER. 257p.
- Strapatsa, A., Nanos, G. y Tsatsarelis, C. (2006). Energy flow for integrated apple production in Greece. *Agric Ecosyst Environ* 116:176–180
- Stupino, S., Frangi, J. y Sarandon, S. (2012). Caracterización de fincas hortícolas según el manejo de los cultivos, La Plata, Argentina. Actas 7mo. Congreso de Medio Ambiente AUGM. 1-25
- Suárez, A. (2014). Evaluación de la Agrobiodiversidad en fincas campesinas agroecológicas y convencionales en el centro del departamento del Valle del Cauca, Colombia, 91.
- Swift, M., Amn, I. & Van Noordwijk, M. (2004). Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes-are we asking the right questions? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 113-134.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880904000362>.
- Tabatabaie, S., Rafiee, S. y Keyhani, A. (2012). Energy consumption flow and econometric models of two plum cultivars productions in Tehran province of Iran. *Energy* 44(2012):211–216
- Tapia, J. (2010). La Familia Asteraceae. Desde el Herbario CICY, 2, 82-84
- Tzilivakis, J., Warner, D., May, M., Lewis, L. y Jaggard, K. (2005). An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. *Agricultural Systems* 85(2):101-109
- UNEP. (2000). The Biodiversity Agenda. Decisiones adoptadas por la conferencia de las partes en el convenio sobre la diversidad biológica en su quinta reunión. Apéndice. Nairobi.



<http://www.cbd.int/decisions/cop/?m=cop-05>.

Valarezo, C. (2004). Caracterización, distribución, clasificación y capacidad de uso de los suelos en la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE). Centro de Estudios y Desarrollo de la Amazonía (CEDAMAZ), Universidad Nacional de Loja, PROMSA, Loja, Ecuador, 201 pp.

Vandermeer, J. y Perfecto, I. (1995). Breakfast of Biodiversity: The Truth about Rainforest Destruction. Oakland, U.S.A: Food First Books, 184 p.

Vega-Charpentier, O. (2015). Uso eficiente de la energía en las cadenas Uso eficiente de la energía en las cadenas agrícolas de alimentos. Retrieved from <http://goo.gl/jmhUuy>

Vélez, J. (2015). Diagnóstico ambiental de la producción de hortalizas en el Oriente Antioqueño. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 16(1), 24–25. <https://doi.org/10.30798/makuiibf.323102>

Viera, F., y Escobar, L. (2015). Evaluación económica, energética y ambiental de tecnologías de manejo de arvenses en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp Híbrido*). *Cultivos Tropicales*, 36(4), 86–93. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000400011&lang=pt

Villagómez, A. (2011). Estudio del efecto del glicerol y del aceite esencial de anís en un recubrimiento comestible, sobre el tiempo de vida útil del babaco (*Carica pentagona*) (Bachelor's thesis). Obtenido de: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/3106>

Wells, D. (2001). Total, energy indicators of agricultural sustainability: dairy farming case study. Technical Paper 2001/3. Ministry of Agriculture and Forestry, Wellington.



Accessed on: <http://www.maf.govt.nz>.

Yaldiz, O., Ozturk, H., Zeren, Y. y Bascetincelik, A. (1993) Energy usage in production of field crops in Turkey. 5th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, Kuşadası, 11.–14. October, pp 527–536

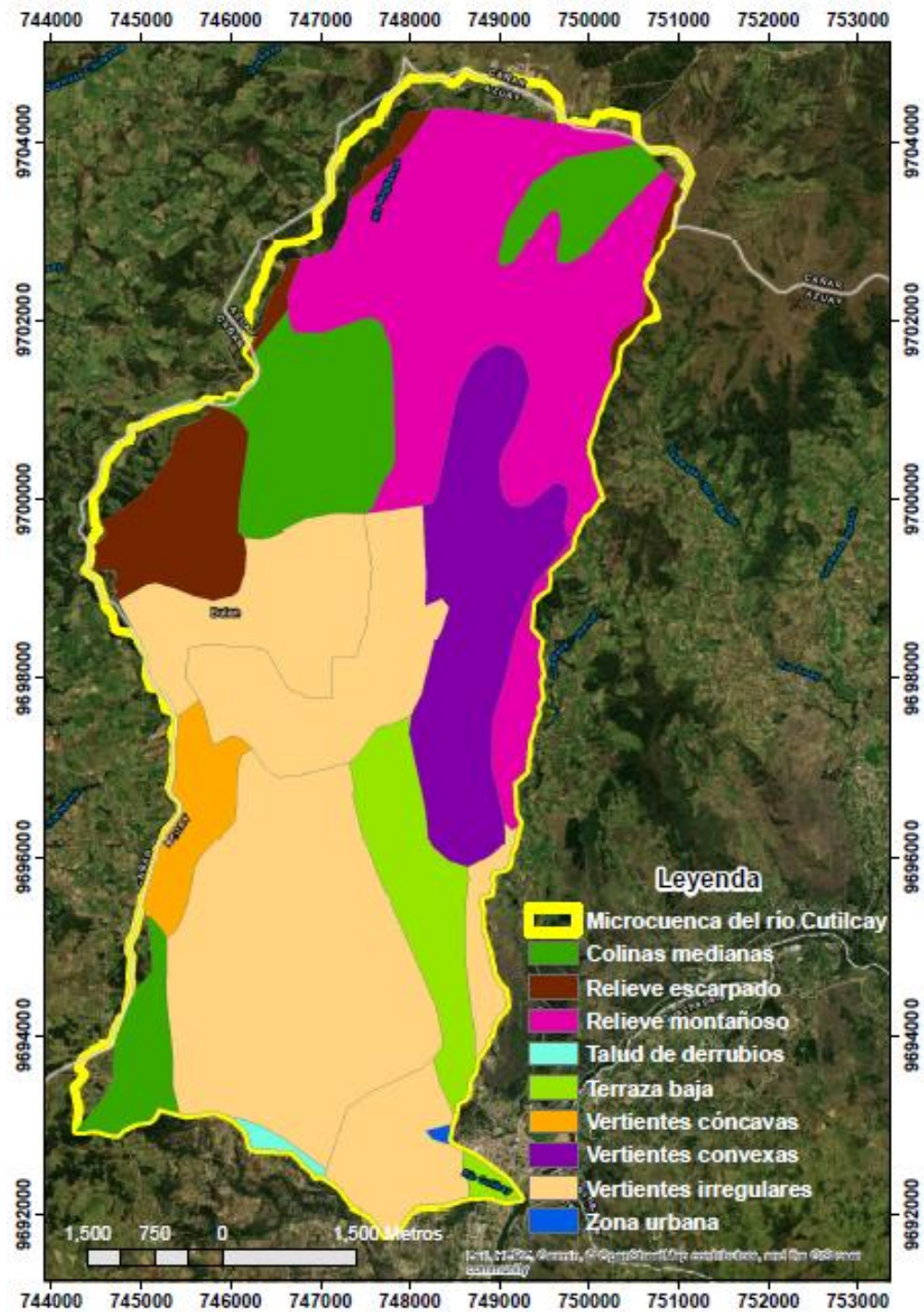
Young, K. y Cano, A. (1994). Aporte florístico de la puna del Parque Nacional del Manu, Perú. Boletín de Lima. Vol. XVI, N.º 91-96, pp. 381-393. Lima.

Zak, S., Macak, M. y Kovac, M. (2006). Energy balance of potato growing in ecological, low-input and conventional production system. Polnohospodarstvo 52 (3): 132-143.

Zentner, R., Basnyat, P., Brandt, S., Thomas, A., Ulrich, D., Campbell, C., et al. (2011). Effects of input management and crop diversity on non-renewable energy use efficiency of cropping systems in the Canadian Prairie. European Journal of Agronomy 34(2):113-123.

11. ANEXOS

Anexo I: Unidades geomorfológicas de la microcuenca del río Cutilcay



Elaboración: Caldas y Cedillo, 2020

**Anexo 2:** Diseño de la encuesta aplicada**1. Datos personales**

Nombres y Apellidos:	
Cédula de Identidad:	
Edad:	
Ocupación:	
Teléfono:	
Dirección Domiciliaria:	
No. de Integrantes Familiares:	
No. de Integrantes familiares que trabajan en la finca	
Nombre de la Finca:	
Extensión de la Finca:	
Temperatura promedio:	
Altitud m.snm.	
Topografía:	
Georreferenciación de la finca:	X:
	Y:

2. Indicadores de sostenibilidad**2.1. Calidad del suelo:****a. Estructura**

- () Suelo polvoso, sin gránulos visibles (1)
- () Suelo suelto con pocos gránulos que se rompen al aplicar presión suave (5)
- () Suelo friable y granular, los agregados, mantienen la forma después de aplicar presión suave, aún humedecidos (10)

b. Compactación e infiltración

- () Compacto, se anega (1)
- () Presencia de capa compacta delgada, el agua se infiltra lentamente (5)
- () Suelo no compacto, el agua se infiltra fácilmente (10)

c. Profundidad del suelo

- () Subsuelo casi expuesto (1)
- () Suelo superficial delgado, con menos de 10 cm (5)
- () Suelo superficial más profundo, con más de 10 cm (10)

d. Estado de residuos

- () Presencia de residuos orgánicos que no se descomponen o lo hacen muy lentamente (1)
- () Se mantienen residuos del año anterior, en proceso de descomposición (5)



() Residuos en varios estados de descomposición, residuos viejos bien descompuestos (10)

e. Color, olor y materia orgánica

() Suelo pálido, con mal olor o químico, y no se observa la presencia de materia orgánica o humus (1)

() Suelo pardo claro o rojizo, con poco olor y con algún grado de materia orgánica o humus (5)

() Suelo de negro o pardo oscuro, con olor a tierra fresca, se nota presencia abundante de materia orgánica y humus (10)

f. Retención de humedad

() Suelo se seca rápido (1)

() Suelo permanece seco durante la época seca (5)

() Suelo mantiene humedad durante la época seca (10)

g. Desarrollo de raíces

() Raíces poco desarrolladas, enfermas y cortas (1)

() Raíces con crecimiento limitado, se observan algunas raíces finas (5)

() Raíces con buen crecimiento, saludables y profundas, con abundante presencia de raíces finas (10)

h. Cobertura de suelo

() Suelo desnudo (1)

() Menos de 50 % del suelo cubierto por residuos, hojarasca o cubierta viva (5)

() Más del 50 % del suelo con cobertura viva o muerta (10)

i. Erosión

() Erosión severa, se nota arrastre de suelo y presencia de cárcavas y canalillos (1)

() Erosión evidente, pero poca (5)

() No hay mayores señales de erosión (10)

j. Actividad biológica

() Sin signos de actividad biológica, no se observan lombrices o invertebrados (insectos, arañas, centípedos, etc.) (1)

() Se observan algunas lombrices y artrópodos (5)

() Mucha actividad biológica, abundantes lombrices y artrópodos (10)



2.2. Salud del Cultivo

a. Apariencia

- Cultivo clorótico o descolorido, con signos severos de deficiencia de nutrientes (1)
- Cultivo verde claro, con algunas decoloraciones (5)
- Follaje verde intenso, sin signos de deficiencia (10)

b. Crecimiento del cultivo

- Cultivo poco denso, de crecimiento pobre. Tallos y ramas cortas y quebradizas. Muy poco crecimiento de nuevo follaje (1)
- Cultivo más denso, pero no uniforme, con crecimiento nuevo y con ramas y tallos aún delgados (5)
- Cultivo denso, uniforme, buen crecimiento, con ramas y tallos gruesos y firmes (10)

c. Resistencia o tolerancia a estrés (sequía, lluvias intensas, plagas, etc.)

- Susceptibles, no se recuperan bien después de un estrés (1)
- Sufren en época seca o muy lluviosa, se recuperan lentamente (5)
- Soportan sequía y lluvias intensas, recuperación rápida (10)

d. Incidencia de enfermedades

- Susceptible a enfermedades, más del 50 % de plantas con síntomas (1)
- Entre 20-45% de plantas con síntomas de leves a severos (5)
- Resistentes, menos del 20% de plantas con síntomas leves (10)

e. Competencia por malezas

- Cultivos estresados dominados por malezas (1)
- Presencia media de malezas, cultivo sufre competencia (5)
- Cultivo vigoroso, se sobrepone a malezas, o malezas chapeadas no causan problemas (10)

f. Rendimiento actual o potencial

- Bajo con relación al promedio de la zona (1)
- Medio, aceptable con relación al promedio de la zona (5)
- Bueno o alto, con relación al promedio de la zona (10)

g. Diversidad genética

- Pobre, domina una sola variedad de café (1)
- Media, dos variedades (5)
- Alta, más de dos variedades (10)

h. Diversidad vegetal



- () Monocultivo sin sombra (1)
- () Con solo una especie de sombra (5)
- () Con más de dos especies de sombra, e incluso otros cultivos o malezas dominantes (10)

i. Diversidad natural circundante

- () Rodeado por otros cultivos, campos baldíos o carretera (1)
- () Rodeado al menos en un lado por vegetación natural (5)
- () Rodeado al menos en un 50 % de sus bordes por vegetación natural (10)

j. Sistema de manejo

- () Monocultivo convencional, manejado con agroquímicos (1)
- () En transición a orgánico, con sustitución de insumos (5)
- () Orgánico diversificado, con poco uso de insumos orgánicos o biológicos (10)

3. Indicadores relacionados a la eficiencia energética y diversidad funcional

a. ¿Cuál es la cantidad producida mensualmente, precio promedio, cantidad consumida por la familia y la destinada para la venta?

Cultivo	Producción (kg)	Consumo familiar (kg)	Venta (kg)	Precio Promedio/kg (\$)	Área sembrada (m)
Pastos y forrajes					
Frutales					
Cultivos bajo invernadero					
Hortalizas					



Plantas medicinales					
Maderables					
Ornamentales					
Cercas vivas					
Arbustos					
Arvenses					

b. ¿Cuál cree usted que es el número óptimo, el mínimo y medio de especies por agrupaciones dentro de su finca?

	Óptimo	Medio	Mínimo
Pastos y forrajes			
Frutales			



Cultivos bajo invernadero			
hortalizas			
Plantas medicinales			
Maderables			
Ornamentales			
Cercas vivas			
Arbustos			
Arvenses			

c. ¿Cuál es el costo mensual de insumos agrícolas que ocupa?

Insumo	Cantidad	Precio
Fertilizantes		
Pesticidas		
Abonos orgánicos (Mulch, Bioles, etc.)		
Enmiendas (Cal, M.O)		



Semillas		
Plantas		
Plántulas		

d. ¿Cuál es el costo anual de herramientas, equipos e instalaciones agrícolas que utiliza para la horticultura?

Herramienta	Cantidad (unidad)
Tractor o Yunta	
Bombas de aspersión	
Picos, palas, azadillas, barretas	
Sistema de Riego	
Invernaderos	

e. ¿Paga algún tipo de renta por la utilización de las tierras para el cultivo de hortalizas?

Sí___ No_____¿Cuánto?_____

f. ¿Cuál es el capital invertido en su producción de hortalizas?

g. ¿Contrata jornales para la producción de hortalizas? ¿Cuál es el salario promedio de un jornal?

Sí___ No_____ ¿Cuánto?_____



h. ¿Paga algún tipo de impuesto al estado?

Sí _____ No _____ ¿Cuánto? _____

i. ¿De qué manera transporta sus productos al mercado y cuál es el precio del transporte?

Tipo de Transporte	Precio
Propio	
Alquilado	
Comerciantes	

j. ¿Recibe ayuda del Gobierno Ecuatoriano? (Bono Solidario)

Sí _____ No _____ ¿Cuánto? _____

k. ¿Tiene otra fuente de ingresos a parte de la agricultura en su familia?

Fuente de ingresos económicos	Total (\$)
Remesas	
Venta de mano de obra	
Otros ingresos (Tiendas, restaurantes, etc.)	

l. ¿Cuántos días de trabajo mensuales dedica a su finca?

_____ días.

**Anexo 3:** Datos de los propietarios de los sistemas de producción de microcuenca del río Cutilcay.

Sistema de producción	Tipo de producción	Nombre	Altitud	Y (UTM)	X (UTM)
1	Hortícola	Jorge Rodrigo Rojas Rojas	2606	747833.73	9700068.93
2	Mixto	Juan Rojas Cabrera	2637	747690.641	9700167.97
3	Frutícola	Edgar Emanuel Segarra Rojas	2631	747754.956	9700360.88
4	Hortícola	Nicolás Eugenio Orellana Orellana	2687	747700.974	9700585.09
5	Mixto	Luis León	2729	747511.527	9700578.8
6	Frutícola	Floro Salomón León	2720	747535.884	9700515.92
7	Mixto	Selcio Patricio Orellana Orellana	2713	748140.337	9700271.79
8	Frutícola	María Tránsito Prieto Escandón	2611	747724.239	9699325.78
9	Hortícola	Víctor Manuel Amón Orellana	2731	747539.327	9700634.72
10	Hortícola	Luis Torres	2930	748092.676	9702060.55
11	Hortícola	Carmen Rojas	3094	748309.67	9702529.61
12	Hortícola	Luis Ángel Macancela	3057	748253.314	9702309.48
13	Hortícola	Carlos Oswaldo Rojas	3031	748032.065	9702432.89
14	Hortícola	Leonor Torres	2808	747844.727	9701270.98
15	Frutícola	Alicia Escandón Prieto	2625	747683.175	9700161.13
16	Hortícola	Jorge Aquiles Orellana Orellana	3075	747194.858	9702415.5
17	Hortícola	Gil Antonio Escandón	3069	747173.35	9702454.7
18	Hortícola	Luis Antonio Prieto Prieto	3033	747279.636	9702362.69
19	Hortícola	Javier Roja Roja	3038	747410.845	9702761.45
20	Mixto	María Magdalena Urgilés	2972	747759.117	9702205.63
21	Mixto	Luis Enrique Campoverde Segarra	2717	747912.249	9700181.94
22	Mixto	Pablo Riera	2703	747916.088	9700152.84
23	Hortícola	Carmen Narcisa Rojas Orellana	2722	747927.785	9700187.94
24	Hortícola	Jorge Geovani Rojas Orellana	2730	747928.807	9700113.22
25	Frutícola	Flora Angelita Prieto Cabrera	2729	748056.702	9699676.27
26	Mixto	Carlos Rojas Orellana	2765	748097.818	9699894.99
27	Mixto	Guido Leopoldo Rojas Orellana	2640	747878.111	9699826.37
28	Mixto	Humberto Rojas	2859	748375.814	9700145.58
29	Mixto	Marco Geovani Prieto Cabrera	2857	748376.363	9700141.38
30	Hortícola	Segundo Antonio Escandón Escandón	2850	748375.814	9700145.58
31	Mixto	Luis Arichavo	2800	748355.88	9699892.08
32	Hortícola	Nelson Rojas	2857	748288.863	9700225.5
33	Hortícola	Rolando Orellana	2854	748710.023	9699994.64
34	Hortícola	Luis Orellana	2886	748602.31	9699975.14
35	Mixto	Manuel Arichavala	2830	748474.812	9699782.91
36	Mixto	Enrique Orellana	2829	748452.839	9699810.6
37	Mixto	José Orellana	2788	748360.139	9699788.98
38	Frutícola	Patricio Zúñiga	2614	747692.898	9700125.16
39	Frutícola	Román Orellana	2616	747706.427	9700163.08
40	Frutícola	Ricardo Bautista	2640	747596.087	9700166.49
41	Frutícola	Olmedo Escandón	2665	747639.073	9700253.35



42	Frutícola	Rosa Matilde Méndez	2644	747652.014	9700334.19
43	Mixto	María Escandón	2720	748065.912	9700448.91
44	Hortícola	Nube Rojas	2867	748521.472	9700714.99
45	Frutícola	Geovani Guillén	2866	748609.913	9701021.13
46	Hortícola	Ángel Alejandro Rojas Orellana	2687	748048.127	9700576.37
47	Mixto	Víctor Manuel Abad	2729	748369.276	9699195.61
48	Mixto	Ángel Rojas	2738	748218.908	9692664.28
49	Mixto	José Salvador Rojas Rojas	2728	748252.505	9699270.27
50	Hortícola	Rosa Orellana	2720	748192.309	9699260.76
51	Frutícola	Marco René Escandón Delgado	2706	748191.576	9699225.03
52	Mixto	Segundo Elías Escandón Prieto	2827	748591.951	9699185.69
53	Hortícola	Víctor Manuel Rojas Rojas	2925	746989.068	9699738.63
54	Mixto	Walter Barrera Escandón	2760	748407.04	9698745.33
55	Mixto	Aníbal Rojas Rojas	2663	747974.741	9699265.59
56	Frutícola	Leonor Abad	2559	747918.784	9699081.52
57	Frutícola	Fabio Escandón	2575	747989.814	9698634.05
58	Frutícola	Mercedes Prieto	2511	747730.481	9698911.07
59	Frutícola	Manuel Zeas Delgado	2605	748131.241	9698900.15
60	Frutícola	Mónica Orellana	2587	748083.335	9698859.42
61	Frutícola	Víctor Manuel Zeas Delgado	2538	748044.76	9698391.59
62	Hortícola	Bolívar Escandón	2590	748021.321	9698588.75
63	Hortícola	Germania Lozada	2623	748168.66	9699044.22
64	Frutícola	Thomas Delgado	2672	748318.421	9699124.8
65	Mixto	Mariana Abad Delgado	2556	747985.212	9698251.43
66	Mixto	Néstor Prieto	2593	748070.298	9698727.04
67	Hortícola	Ángel Lozado	2936	746913.931	9699649.39
68	Frutícola	María Carmen Orellana Matute	2873	746870.916	9699364.63
69	Mixto	Marco Rodrigo Merchán Rojas	2823	746823.543	9698525.59
70	Frutícola	Tiofilo Rojas Cabrera	2806	746645.717	9698063.21
71	Hortícola	Daniel Ángel Reyna Orellana	2947	745868.932	9698523.91
72	Hortícola	José Enríquez	2889	745943.868	9698322.79
73	Hortícola	José Benjamín Rojas Avecillas	2902	745893.738	9698653.73
74	Frutícola	María Leticia Chiqui Rojas	2705	747220.646	9698765.22
75	Frutícola	Miguel Antonio Lozada Escandón	2632	747300.672	9698550.26
76	Frutícola	Norberto Antonio Delgado Avecillas	2633	747401.449	9698369.1
77	Mixto	Juan Carlos Delgado	2619	747451.808	9698413.15
78	Frutícola	Selcio Orellana	2720	747956.982	9699467.06
79	Frutícola	Heriberto Lozada Ramírez	2674	747241.52	9698684.44
80	Frutícola	Jonny Orellana	2649	747347.005	9698582.69
81	Frutícola	José Miguel Lozado León	2610	747383.879	9698673.11
82	Frutícola	Rosario León	2606	747548.326	9698816.06
83	Frutícola	Miguel Olso Piña	2656	747426.845	9698990.17
84	Mixto	Byron Jonny Orellana Chiqui	2615	747537.221	9699007.11
85	Frutícola	Rosa María Rojas Campos	2643	747566.925	9699009.49
86	Mixto	Ana Barrera	2674	747411.657	9698957.68
87	Frutícola	Rosario Lozado	2687	747354.329	9698814.2



88	Frutícola	Jorge Aquiles Orellana Orellana	2715	747169.587	9698703.48
89	Hortícola	Verónica Lozada	3016	746431.504	9698497.77
90	Frutícola	Gloria Rojas	2742	747302.2	9698594.95
91	Frutícola	Jhoanna Méndez	2759	746956.072	9698130.66
92	Frutícola	Manuel Horacio Barrera Orellana	2768	746982.631	9698297.42
93	Hortícola	Juan Carlos Ruíz Segarra	2911	748899.479	9698445.75
94	Hortícola	Lucía Segarra Segarra	2920	749067.517	9698365.24
95	Hortícola	Iván Loja	2929	749063.912	9698460.49
96	Hortícola	Noemí Guillén	2929	749091.349	9698738.86
97	Hortícola	Zoila Rojas	2965	749131.226	9698828.17
98	Hortícola	Carlos Enrique Segarra	2879	748865.666	9698207.87
99	Mixto	José Antonio Rojas	2795	748575.141	9697621.26
100	Frutícola	Selcio Eraz	2571	747903.072	9697445.85
101	Hortícola	Rosa Rojas	2699	747615.909	9700480.93
102	Frutícola	Blanca Adalquiza Rojas León	2908	746838.927	9699511.04
103	Mixto	Antonio Rojas	2928	746850.67	9699605.93
104	Hortícola	Polibio Bautista	2767	747812.412	9700694.73
105	Hortícola	Rafael León	2818	747348.281	9700726.77
106	Bajo cubierta	Amelia Alvear	2406	747511.283	9696774.47
107	Bajo cubierta	Raquel Rea	2410	747447.963	9696878.68
108	Bajo cubierta	Rolando Escandón	2311	747726.254	9695141.81
109	Mixto	Miguel Ángel Rea Barrera	2329	747734.204	9695705.72
110	Frutícola	Juan Pedro Verdugo	2866	747095.735	9699613.77
111	Hortícola	Juan Pablo Orellana Orellana	2866	747121.88	9699676.88
112	Frutícola	José Luis Orellana Mendoza	2522	747071.293	9697519.74
113	Bajo cubierta	Víctor Rojas Rea	2429	747502.481	9697365.51
114	Bajo cubierta	María Méndez	2394	747567.779	9697007.99
115	Bajo cubierta	Ana Alvear	2394	747432.282	9697059.79
116	Mixto	Lino Oswaldo Rea	2376	747586.724	9696548.56
117	Mixto	Ángel Vinicio Ortiz	2375	747657.899	9696421.67
118	Bajo cubierta	Nantipac Suquinagua	2398	747673.547	9696342.54
119	Hortícola	Flavio Enrique Rea Rea	2388	747734.321	9696245.09
120	Mixto	Carlos Jacinto Barahona Abad	2364	747713.85	9696183.29
121	Frutícola	Pablo Rojas	2554	747055.705	9696851.31
122	Bajo cubierta	Marco Rojas	2443	747400.385	9695341.64
123	Mixto	Luis Abraham Rivera Cacero	2391	747532.781	9695477.12
124	Bajo cubierta	Carlos Bolívar Méndez Mendoza	2429	748195.404	9695781.19
125	Mixto	Luis Ricardo Rea Rea	2433	747958.963	9695981.07
126	Frutícola	Rosa León	2343	747786.649	9695556.4
127	Bajo cubierta	José Antonio Rea	2346	747886.457	9695454.45
128	Bajo cubierta	Digna Puente	2374	748004.183	9695418.06
129	Bajo cubierta	Vinicio Garnico	2383	748022.096	9695361.16
130	Mixto	Mauricio Barahona	2404	748063.831	9695432.66
131	Mixto	Carlos Amón	2456	748263.23	9695292.46
132	Frutícola	Ángel Bolívar Rea León	2378	747954.336	9695588.06
133	Bajo cubierta	Luis Raúl Abad Suarez	2338	747680.415	9695492.77



134	Bajo cubierta	Gonzalo Chiqui	2323	747694.316	9695550.71
135	Bajo cubierta	Héctor Bautista	2297	747873.108	9695156.91
136	Bajo cubierta	Ángel Vinicio Ribera Barrera	2304	747921.062	9694985.59
137	Bajo cubierta	Juan Barahona	2307	747781.571	9694744.93
138	Hortícola	Teresa Parra	2939	745899.898	9696494.62
139	Mixto	Manuel Cruz Heredia	2932	745918.318	9696470.47
140	Mixto	Miguel Ortiz	2973	745846.494	9696547.7
141	Mixto	Denisse Sesagala	2973	745926.762	9696285.28
142	Hortícola	Guido Rea	3028	745265.192	9696062.07
143	Mixto	Carmen Zúñiga Pacheco	2962	745866.872	9696199.55
144	Hortícola	Hugo Cirilo Rivera Ortiz	2964	745911.203	9696232.33
145	Mixto	Ángel Tobías Abad Jagal	2856	746189.118	9696804.47
146	Hortícola	Noemí Heredia	2816	746368.779	9696815.86
147	Mixto	Ángel Rojas	2636	746566.066	9697095.58
148	Mixto	Jorge Rafael Juárez Barahona	2307	747818.068	9694692.42
149	Bajo cubierta	Jorge Abad	2315	747909.817	9694564.6
150	Bajo cubierta	Azucena Rea	2433	747911.732	9694577.54
151	Bajo cubierta	Heriberto Rojas	2569	747865.623	9697226.35
152	Mixto	Víctor Barrera	2762	748393.32	9697287.97
153	Frutícola	Carmelina Loja	2650	748344.138	9697398.79
154	Mixto	Manuel Cornelio Vallejo Mendoza	2750	748668.793	9696544.55
155	Mixto	José Vallejo	2743	748669.976	9696403.74
156	Frutícola	Luis Humberto Bautista	2742	748656.124	9696610.17
157	Hortícola	Mercedes Barrera Riera	2846	748755.364	9697394.71
158	Hortícola	Tránsito Barrera	2861	748697.533	9697460.3
159	Hortícola	Iván Cevallos	2848	748726.494	9697303.17
160	Mixto	Rosa Garnica	2700	748868.724	9696686.99
161	Hortícola	Rosana Vallejo	2675	749001.569	9696525.68
162	Mixto	Guillén Marquina	2723	749080.27	9696497.55
163	Mixto	María Rea	2581	748404.14	9695933.78
164	Hortícola	Miguel Barrera	2472	747954.186	9696580.18
165	Mixto	Luis Suarez	2481	747619.167	9691962.11
166	Frutícola	María Parra Parra	2646	746982.973	9692512.63
167	Mixto	Santiago Suquinagua	2723	746682.451	9692699.92
168	Hortícola	Pedro Cajilima	2849	746219.451	9692783.64
169	Mixto	Gladys Cecilia Parra Suquinagua	2846	746142.466	9692954.02
170	Mixto	María Martha Cáceres	2868	745889.295	9692768.22
171	Mixto	Norma Beatriz Cachico Barahona	2265	747793.655	9693420.38
172	Hortícola	Germán Vallejo	3123	746263.233	9699056.69
173	Hortícola	Ana Ávila	3046	746135.455	9699012.46
174	Hortícola	Armando Rojas Jara	3118	746022.001	9699135.89
175	Hortícola	Franklin Orellana	3125	746551.969	9700193.51
176	Hortícola	Víctor Rodrigo Méndez Caguana	3073	746396.282	9699063.52
177	Hortícola	Luis Caguana	3060	746415.816	9699100.66
178	Hortícola	María Méndez	2822	746635.23	9698045.97
179	Hortícola	Luis Antonio Verdugo Navas	3037	746381.427	9698728.16

180	Frutícola	Janeth Guadalupe Merchán Méndez	2898	746569.795	9698331.59
181	Frutícola	Manuel Abad	2817	746790.978	9698057.52
182	Frutícola	Sonia Rojas Avecillas	2755	747220.405	9698875.84
183	Frutícola	Libia Méndez	2725	747170.944	9698776.05
184	Frutícola	Carlos Humberto Abad Campos	2649	747198.384	9698094.6
185	Frutícola	Manuel Lozado	2722	747564.294	9700904.03
186	Mixto	José Rojas Escandón	2761	747426.947	9701102.5
187	Hortícola	Pablo Amón	2827	747274.729	9700834.43
188	Mixto	Medardo Orellana	2768	747372.003	9700802.94
189	Frutícola	Juan Pacheco	2728	747465.55	9700861.95
190	Mixto	Carlos Bautista	2733	747749.233	9700817.96
191	Frutícola	Carlos Rojas	2705	747608.686	9700727.18
192	Frutícola	Bolívar Orellana	2588	747725.299	9699719.25
193	Frutícola	Juan Pablo León	2703	747595.09	9700592.47
194	Frutícola	María Escandón Lozada	2558	747575.135	9699118.21
195	Frutícola	Rubén Lozado	2625	747478.542	9699277.01
196	Frutícola	René Barrera Bautista	2655	747422.462	9699086.19
197	Frutícola	Olga Zeas Delgado	2436	747359.89	9695397.8
198	Hortícola	Jorge Rodrigo Rojas Orellana	2320	747886.64	9694483.45
199	Bajo cubierta	Aurelio Zuña	2325	745949.418	9693939.63
200	Bajo cubierta	Jorge Cáceres Rojas	2343	747833.221	9693994.85
201	Bajo cubierta	María Zúñiga	2294	747990.102	9694018.89
202	Hortícola	Luis Enrique Loja Zuña	2287	747770.165	9693527.39
203	Frutícola	Jorge Ramiro Pinos Ortiz	2450	747835.133	9693715.43
204	Frutícola	Wilmer Orellana	2700	747765.218	9693423.7

Anexo 4: Microcuenca del río Cutilcay



Fotografía 1 Microcuenca del río Cutilcay.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020



Fotografía 2 Microcuenca del río Cutilcay.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020

Anexo 5: Tipo de producción hortícola (papa)



Fotografía 3 Sistema de producción perteneciente al señor Víctor Méndez.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020

Anexo 6: Tipo de producción hortícola (zanahoria)



Fotografía 4 Sistema de producción perteneciente a la señora Rosa Rojas.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020

Anexo 7: Tipo de producción hortícola (varios)



Fotografía 5 Sistema de producción perteneciente al señor Miguel Ortiz.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020

Anexo 8: Tipo de producción frutícola en asocio con gramíneas



Fotografía 6 Sistema de producción perteneciente al señor Marco Escandón.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020

Anexo 9: Tipo de producción frutícola con cubierta vegetal



Fotografía 7 Sistema de producción perteneciente a la señora Leonor Abad.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020

Anexo 10: Tipo de producción frutícola con suelo descubierto



Fotografía 8 Sistema de producción perteneciente al señor José Rojas.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020

Anexo 11: Tipo de producción mixto (frutícola y zanahoria)



Fotografía 9 Sistema de producción perteneciente al señor Enrique Orellana.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020

Anexo 12: Tipo de producción mixto (frutícola y bajo cubierta)



Fotografía 10 Sistema de producción perteneciente al señor Carlos Barahona.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020

Anexo 13: Tipo de producción mixto (frutícola, papa y maíz)



Fotografía 11 Sistema de producción perteneciente al señor Ángel Abad.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020

Anexo 14: Tipo de producción bajo cubierta



Fotografía 12 Sistema de producción perteneciente al señor Carlos Méndez.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020



Fotografía 13 Sistema de producción perteneciente al señor Carlos Méndez.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020

Anexo 15: Problemas identificados en la microcuenca del río Cutilcay

a) Avance de la frontera agrícola



Fotografía 14 Microcuenca del río Cutilcay.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020



Fotografía 15 Sistema de producción perteneciente al señor Polibio Bautista.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020



Fotografía 16 Sistema de producción perteneciente al señor Polibio Bautista.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020



Fotografía 17 Microcuenca del río Cutilcay.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020



Fotografía 18 Microcuenca del río Cutilcay

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020



Fotografía 19 Sistema de producción perteneciente al señor Víctor Rojas.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020

b) Dependencia de pesticidas



Fotografía 20 Sistema de producción perteneciente a la señora Leonor Torres.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020



Fotografía 21 Sistema de producción perteneciente a la señora Alicia Escandón.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020



Fotografía 22 Sistema de producción perteneciente al señor Walter Barrera.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020

c) Malas prácticas agrícolas



Fotografía 23 Sistema de producción perteneciente al señor Walter Barrera.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020



Fotografía 24 Sistema de producción perteneciente al señor Luis Torres.

Fuente: Caldas y Cedillo, 2020