

UCUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias
Carrera de Ingeniería Agronómica

**Evaluación de la riqueza florística, eficiencia energética y carbono aéreo
almacenado en sistemas agroforestales en la microcuenca del río Cutilcay**

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

Autores:

María Isabel Ortuño Barba

CI: 0106149305

marisaob98@gmail.com

Patricio Gerardo Crespo Ortiz

CI: 0301947917

patricio.crespo19@gmail.com

Director:

Ing. Pedro René Zea Dávila M.Sc.

CI: 0102198207

Cuenca - Ecuador

30 de junio de 2022

Resumen:

La diversidad de especies vegetales, eficiencia energética y la estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea son temas de interés dentro de los ámbitos agroecológico, ambiental y social. Los sistemas agroforestales (SAF's), por sus características hacen que la evaluación de los factores antes mencionados resulte importante para comprender su funcionabilidad dentro de una comunidad. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar; la diversidad florística por medio de índices de diversidad alfa (Índice de Margalef, Simpson y Shannon-Wiener) y beta (Índice de Jaccard), la eficiencia energética, a través de un balance energético entre las entradas y salidas de los SAF'S y la estimación de carbono aéreo, por medio de ecuaciones alométricas. La investigación tomo en cuenta una población de 75 SAF's en la microcuenca del río Cutilcay, perteneciente al cantón Paute, sur del Ecuador, en donde se establecieron tres pisos altitudinales (microcuenca baja, media y alta). La metodología se basó en el levantamiento de parcelas de 1000 m² de extensión en cada uno de los sistemas agroforestales a lo largo de la microcuenca. En cada SAF se identificaron las especies vegetales leñosas, se tomaron datos dasométricos (altura y DAP) y se aplicaron encuestas estructuradas a los propietarios de cada finca. En cuanto a los resultados, la zona en general mostró una diversidad de especies baja en donde las especies *Prunus persica* y *Malus domestica* fueron las más abundantes, para la eficiencia energética se obtuvo un promedio de 1.39 y en cuanto a la estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea un promedio de 8.02 t C/ha, siendo *Persea americana* y *Prunus Persica*, las especies que más aportaron al total de carbono almacenado en la biomasa aérea.

Palabras clave: Sistema agroforestal. Diversidad. Eficiencia energética. Estimación de carbono aéreo. Microcuenca del río Cutilcay.

Abstract

The diversity of plant species, energy efficiency, and the estimation of carbon stored in the above-ground biomass are topics of interest within the ecological, environmental, and social fields. Agroforestry systems, due to their characteristics and by standing out as sustainable agricultural practices, make its evaluation important to understand their functionality within a community. This study aimed to evaluate floristic diversity through the alpha diversity indexes (Margalef, Shannon-Wiener, and Simpson Index), beta diversity (Jaccard index), energy efficiency, through an energy balance between the inputs and outputs of the agroforestry systems, and finally evaluate the estimation of carbon stored in the above-ground biomass, through allometric equations. The research took into account a population of 75 agroforestry systems in the Cutilcay river micro-basin, Paute canton, southern Ecuador, which stands out for being an important agricultural center, where three altitudinal floors were established (low micro basin, medium, and high) to generate communities of comparison. The methodology was based on the establishment of plots (1000 m²) in each agroforestry system throughout the micro-basin. In each SAF, the woody plant species were identified, dasometric data (height and DBH) were collected, and structured surveys were applied to the owners of each farm. Regarding the results, the area, in general, showed a low diversity of species where the species *Prunus persica* and *Malus domestica* were the most abundant, for energy efficiency an average of 1.39 was obtained, and in terms of the estimation of carbon stored in the above-ground biomass an average of 8.02 t C/ha, where *Persea americana* and *Prunus Persica* were the species that contributed the most to the total carbon stored in aerial biomass.

Keywords: Agroforestry system. Diversity. Energy efficiency. Estimation of above-ground carbon. Cutilcay river micro-basin.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	14
2. OBJETIVOS.....	17
2.1. Objetivo general:	17
2.2. Objetivos específicos:	17
3. HIPÓTESIS.....	18
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	19
4.1. Sistemas Agroforestales	19
4.2. Diversidad florística en los Sistemas Agroforestales.	19
4.3. Eficiencia energética	20
4.3.1. Eficiencia energética en sistemas de producción.....	21
4.4. Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea	21
4.5. Almacenamiento de carbono en Sistemas Agroforestales	22
5. MATERIALES Y MÉTODOS	23
5.1. Área de estudio	23
Fuente: Autores	23
5.2. Selección de la muestra.....	24
5.3. Levantamiento de la información	26
5.4. Diseño de la investigación.....	28
5.5. Metodología para el objetivo específico uno: “Evaluar la riqueza florística en sistemas agroforestales en la microcuenca del río Cutilcay”	28
5.5.1. Diversidad alfa	29
5.5.2. Diversidad Beta.....	30
5.6. Metodología para el objetivo específico dos: “Analizar la eficiencia energética en sistemas agroforestales en la microcuenca del río Cutilcay”	31
5.7. Metodología para el objetivo específico tres: “Estimar el carbono alométrico almacenado en la biomasa aérea en sistemas agroforestales en la microcuenca del río Cutilcay”	34
5.8. Análisis de datos.....	35
6. RESULTADOS.....	36

UCUENCA

6.1. Riqueza florística leñosa de los sistemas agroforestales de la microcuenca del río Cutilcay (primer objetivo).....	36
6.1.1. Caracterización florística	36
6.1.2. Diversidad alfa	38
6.1.3. Diversidad Beta.....	39
6.2. Eficiencia energética de los sistemas agroforestales de la microcuenca del río Cutilcay (segundo objetivo).	40
6.2.1. Comparación entre comunidades evaluadas	42
6.2.2. Correlaciones entre las entradas, salidas y la eficiencia energética de cada sistema evaluado.....	43
6.3. Estimación de carbono alométrico almacenado en la biomasa aérea en sistemas agroforestales en la microcuenca del río Cutilcay (tercer objetivo).....	44
6.3.1. Estimación de carbono alométrico almacenado en la biomasa aérea en relación a las especies vegetales leñosas identificadas en la microcuenca del río Cutilcay	46
7. DISCUSIÓN	47
8. CONCLUSIONES.....	53
9. RECOMENDACIONES	54
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
11. ANEXOS.....	69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Muestra correspondiente a cada estrato	26
Tabla 2 Valores de significancia para el índice de Margalef.....	29
Tabla 3 Valores de significancia para el índice de Shannon-Wiener	30
Tabla 4 Valores de significancia para el índice de Margalef.....	30
Tabla 5 Contenido energético de los insumos empleados y las actividades realizadas dentro del proceso productivo (ingreso de energía).....	32
Tabla 6 Contenido energético de los productos cultivados en la microcuenca del río Cutilcay (Egreso de energía)	33
Tabla 7 Especies vegetales leñosas identificadas en las comunidades evaluadas (Microcuenca, baja, media y alta).....	37
Tabla 8 Promedios \pm error estándar, para los índices de diversidad alfa, para cada una de las comunidades evaluadas	38
Tabla 9 Valores totales y su proporción acorde a las entradas de energía en los sistemas agroforestales evaluados.....	41
Tabla 10 Prueba de Kruskal-Wallis para las microcuencas con relación a la variable eficiencia energética.....	42
Tabla 11 Prueba de Kruskal-Wallis para las microcuencas con relación a la variable estimación de carbono aéreo.....	45

UCUENCA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación de la microcuenca del río Cutilcay	23
Figura 2 Muestra tomada en las 75 fincas de carácter agroforestal de la microcuenca del río Cutilcay	27
Figura 3 Curvas de acumulación de especies en las relaciones: sistemas de producción-especies (A) e individuos-especies (B)	39
Figura 4 Índice de similitud de Jaccard entre las comunidades comparadas (microcuenca baja, media y alta)	40
Figura 5 Balance energético de los 75 sistemas de agroforestales evaluados	41
Figura 6 Medianas de la variable eficiencia energética correspondientes a cada microcuenca	43
Figura 7 Correlaciones de Spearman entre: entradas- eficiencia energética (A) y salidas- eficiencia energética (B).....	44
Figura 8 Medianas de la variable estimación de carbono aéreo correspondientes a cada microcuenca	45
Figura 9 Medianas de la variable estimación de carbono aéreo en relación a las especies vegetales leñosas indentificadas en la zona de estudio	46

Cláusula de Propiedad Intelectual

María Isabel Ortuño Barba, autora del trabajo de titulación "Evaluación de la riqueza florística, eficiencia energética y carbono aéreo almacenado en sistemas agroforestales 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, 30 de junio de 2022



María Isabel Ortuño Barba

C.I: 0106149305

Cláusula de Propiedad Intelectual

Patricio Gerardo Crespo Ortiz, autor del trabajo de titulación "Evaluación de la riqueza florística, eficiencia energética y carbono aéreo almacenado en sistemas agroforestales 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, 30 de junio de 2022



Patricio Gerardo Crespo Ortiz

C.I.: 0301947917

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

María Isabel Ortuño Barba en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la riqueza florística, eficiencia energética y carbono aéreo almacenado en sistemas agroforestales 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, 30 de junio de 2022.



María Isabel Ortuño Barba

C.I: 0106149305

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Patricio Gerardo Crespo Ortiz en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la riqueza florística, eficiencia energética y carbono aéreo almacenado en sistemas agroforestales 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.

Así mismo, 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, 30 de junio de 2022



Patricio Gerardo Crespo Ortiz

C.I: 0301947917

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradecemos de manera especial a nuestro tutor de tesis el Ing. Pedro Zea Dávila M.Sc., por su confianza y valiosa ayuda durante la realización del presente trabajo, por habernos instruido y compartido sus conocimientos. Agradecemos a los propietarios de las fincas en donde se llevó a cabo el respectivo levantamiento de información, por permitimos el ingreso a sus predios, por su colaboración, dedicación y tiempo. A nuestros docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Cuenca, por todas las enseñanzas impartidas a lo largo de nuestra carrera universitaria. A nuestros compañeros de carrera por su amistad y apoyo siempre.

María Isabel Ortuño y Patricio Crespo

DEDICATORIA

A mis padres Gonzalo e Isabel, por el regalo de la vida y la educación, por su comprensión y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida. A mis abuelos Gilberto y Rosa, a mi hermano Carlos y a mi querida mamá Tere, quienes con su esfuerzo y sobretodo cariño han sido un pilar fundamental en mi desarrollo personal y académico.

María Isabel Ortuño

Este trabajo quiero dedicar con todo mi corazón a mi madre Teresa quién siempre ha confiado en mí y me ha apoyado para llegar a esta instancia en mis estudios, a mis hermanos Diana y Gabriel por compartir momentos significativos conmigo y siempre estar dispuestos a escucharme y ayudarme en cualquier momento, a mis abuelos Juvenal y Florencia por el cariño y el amor brindado, y a todos mis compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas

Patricio Crespo

1. INTRODUCCIÓN

La agroforestería es un conjunto de métodos de uso de tierras que combina árboles forestales, cultivos, animales, o una combinación entre ambas realizada de manera sincrónica o gradual en el tiempo y en la misma unidad de terreno (DaMatta & Rodriguez, 2007). Un sistema agroforestal (SAF) presenta características que también poseen otros sistemas como: límites, componentes, ingresos, egresos, organización y dinámica, además de una mejor conservación de recursos naturales y la aplicación de insumos se reduce dando lugar a costos de producción menores (Iglesias, 2011).

En América Latina y de manera particular en el Ecuador, especialmente en la región sierra, la producción agropecuaria está en manos de pequeños y medianos productores, en donde prevalecen los sistemas de producción familiar o de subsistencia (Chamba et al., 2018; Verdezoto & Viera, 2018). Razón por la cual la agroforestería ha surgido como una alternativa a la búsqueda de sistemas que sean capaces de proporcionar alimentos (Nieto et al., 2004), brindar beneficios ecológicos, sociales, ambientales y económicos (Sol et al., 2018).

Los patrones de vegetación a lo largo de los gradientes altitudinales, son resultado de interacciones y variaciones entre ciertos factores como: la elevación, el grado de exposición a la radiación solar, la posición en el relieve, etc. (Mazzola et al., 2008). El estudio de un gradiente altitudinal es importante para conocer la diferenciación de comunidades respecto a su composición y estructura (Medrano et al., 2017).

La riqueza de especies es alterada directamente por los factores ambientales a lo largo de un gradiente altitudinal debido a que los recursos disponibles varían, por lo que en áreas favorables habrá más posibilidades de que exista una mayor diversidad (McCarthy et al., 2001). A su vez una mayor diversidad de especies dentro de los SAF's mejora la capacidad de resiliencia de estos sistemas haciéndolos más sustentables, funcionales y generen beneficios

(Gómez et al., 2018; Guiracocha et al., 2001). Sin embargo, estudios que contemplen estos aspectos en la región sierra de nuestro país son muy escasos.

Por otro lado, uno de los factores de mayor importancia en todo sistema de producción es el consumo de energía (Guadiana et al., 2018). La agricultura convencional sin lugar a dudas logra grandes rendimientos por unidad de superficie, sin embargo, son extremadamente dependientes de energías externas por el uso de combustibles fósiles, fertilizantes, plaguicidas, empleo de alimentos concentrados en animales, etc (Funes, 2009), lo que hace que sean sistemas poco resilientes, frágiles e ineficientes energéticamente (Pimentel, 1980).

En contraste la agroforestería resalta como una práctica sostenible; que por medio de sistemas integrales y diversificados son más eficientes en el uso de insumos y energía (Tinoco et al., 2019). Sistemas que en donde la eficiencia energética (EE) se puede aumentar disminuyendo el uso de insumos (fertilizantes, herbicidas, operaciones de labranza) o a su vez aumentando las salidas (rendimiento de los cultivos) lo cual depende en gran medida del diseño y manejo de los componentes que conforman el sistema (Swanton et al., 1996).

En otro orden de cosas, el dióxido de carbono es considerado el principal gas de efecto invernadero, teniendo una tasa anual de incremento desde el 2010 de 1.4%, por lo que su secuestro y reincorporación al sumidero biosférico, se ha venido contemplando como una alternativa en la mitigación del calentamiento global (ONU, 2020). Problemática que ha permitido que se realicen estudios en torno a la capacidad de los SAF's para para capturar y retener carbono por largos periodos de tiempo (Corral, 2006).

En este contexto, la composición arbórea, la abundancia, la edad de las plantas, la densidad de plantación, la fertilidad del suelo y la región geográfica son considerados factores determinantes en la captura y retención de carbono en la vegetación (Cueva et al., 2019; Yadav et al., 2015). Sin embargo, en estudios como los realizados por Páliz (2016) y Salas et al. (2020)

UCUENCA

afirman que el gradiente altitudinal no tiene efecto en el contenido de carbono almacenado tanto en la biomasa aérea como en el suelo, razón por la cual resulta importante indagar sobre este fenómeno.

Conforme a la problemática mencionada anteriormente, no se ha reportado información sobre diversidad, eficiencia energética y secuestro de carbono en sistemas de producción en la región sierra de nuestro país. Por lo que la microcuenca del río Cutilcay, resalta como un lugar estratégico, dado que la zona es un centro agroproductivo importante, siendo los cultivos más representativos: frutales, maíz, pastos, tomate riñón, legumbres y hortalizas; actividades que se complementan con la crianza de animales (cobayos, pollos y engorde de ganado), sumándose otras estrategias agroforestales como arreglos y distribución de los cultivos en el tiempo y el espacio, como por ejemplo especies frutales (tomate de árbol, manzana, durazno, capulí) y árboles nativos (pumamaqui, arrayán, chilca, retama, romerillo) y estrategias culturales como la asociación y rotación de cultivos (maíz, fréjol, arveja, papa, barbecho), prácticas que permiten que se constituya una estrategia de complementariedad que permite diversificar la producción de los agricultores (GAD Bulán, 2015).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general:

- ❖ Evaluar la riqueza florística, eficiencia energética y carbono aéreo almacenado en sistemas agroforestales en la microcuenca del río Cutilcay.

2.2. Objetivos específicos:

- ❖ Evaluar la riqueza florística de especies leñosas en sistemas agroforestales, distribuidos en tres pisos altitudinales en la microcuenca del río Cutilcay.
- ❖ Analizar la eficiencia energética en sistemas agroforestales distribuidos en tres pisos altitudinales en la microcuenca del río Cutilcay.
- ❖ Estimar el carbono almacenado en la biomasa aérea en sistemas agroforestales distribuidos en tres pisos altitudinales en la microcuenca del río Cutilcay.

3. HIPÓTESIS

Los sistemas agroforestales presentes en la microcuenca del río Cutilcay; son capaces de secuestrar cantidades considerables de carbono en la biomasa aérea, así como ser eficientes en el consumo de energía y poseer altos índices de riqueza florística de especies leñosas, dependiendo del piso altitudinal en el que se encuentren.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. Sistemas Agroforestales

Los sistemas agroforestales son complejos sistemas de producción que incluyen un conjunto de técnicas de manejo de la tierra que incluye árboles, cultivos o animales (Mendieta, 2007), que permiten obtener ciertos beneficios como: aumento de la producción a nivel de finca, promueven el aumento de empleo, mejoramiento de la fertilidad del suelo, conservación de la biodiversidad en ecosistemas fragmentados, etc., constituyéndose una alternativa económica, social y ambiental (Aguilera, 2016).

4.2. Diversidad florística en los Sistemas Agroforestales.

Teniendo en cuenta las prácticas de los sistemas agroforestales (SAF's) en cuanto a la integración de distintas especies, estos pueden mantener una alta proporción de riqueza de especies de plantas (Altieri, 1999). Sin embargo, esto se cumple siempre y cuando las prácticas de manejo se basen en el uso de recursos para múltiples propósitos, que permitan el desarrollo de procesos secuenciales y la incorporación de nuevas especies y variedades vegetales, que el SAF se encuentre a un nivel intermedio de disturbio y existan árboles nativos dentro del sistema (Moreno & Casas, 2008).

En este contexto, Ordoñez & Rangel (2020), caracterizaron la composición florística y aspectos de la estructura en sistemas agroforestales, en 47 plantaciones con cacao en Huila, Colombia, encontraron una alta variabilidad de riqueza con 26 familias representadas por 52 géneros y 61 especies, en donde concluyen que los SAF con mayor riqueza fueron el de *Pseudosamanea guachapele*, con 36 especies y el de *Musa paradisiaca* con 25, resultados que se atribuyen a que los agricultores las han plantado por su valor en la provisión de frutas y madera.

Así también Peña, Alegre & Badales (2018), evaluaron el efecto de la riqueza en la sustentabilidad de cinco tipos diferentes de SAF, el SAF III, presentó una mayor riqueza (22 especies diferentes) en relación a los SAF I y II (15.8 y 13.8 especies respectivamente) y mientras que los SAF IV y V, son los que tienen menos especies (13.5 y 12.2). Con estos datos lograron concluir que los SAFs son más sostenibles mientras más diversidad de especies vegetales cultivadas tengan.

Por otro lado, Jadán et al. (2016), luego de comparar la diversidad y estructura entre cacaotales tradicionales y bosque natural en Sumaco, Ecuador, registraron que el bosque maduro alberga la mayor riqueza de especies según los índices alfa de Shannon, Simpson y Fisher, no obstante, el SAF cacao semilla también registró valores significativos llegando a obtener el mayor índice de similitud y especies compartidas (0.2–19 especies) con el bosque maduro. De igual manera, Somarriba et al. (2003), al comparar bosques y cuatro tipologías agroforestales de cacaotales, mediante el índice de diversidad y equitabilidad de Shannon, determinaron que la mayor diversidad corresponde al bosque ($H' = 3$), seguido del cacaotal multiestratificado ($H' = 0,8$) y del cacaotal con especies frutales y arbóreas ($H' = 0,9$), sin embargo, en este caso la similitud entre hábitats teniendo en cuenta la diversidad florística fue baja (0,01-0,036).

4.3. Eficiencia energética

Para obtener una producción eficiente y sostenible el uso eficiente de los recursos energéticos y la energía son factores principales en la agricultura (Kizilaslan, 2009), la cual depende en gran medida del uso de recursos fósiles, necesarios para la producción de cultivos, pero también de un consumo indirecto de energía para la producción de insumos agrícolas (fertilizantes, pesticidas), que es en donde se centra más del 50% del consumo total de energía (Baptista et al., 2013). Estos son factores que han logrado altos rendimientos, pero han traído consigo consecuencias ambientales y un costo energético elevado (Rodríguez et al., 2020).

Es por esto que al conocer los costos energéticos ligados a ciertos procesos se construye una vía para reestructurar los agroecosistemas o a su vez definir ciertas estrategias de manejo (Iermanó & Sarandón, 2015). Una de estas estrategias es el análisis de la producción de energía, en donde todos los insumos agrícolas (inputs) y la producción (outputs) se multiplican por factores de conversión ya establecidos para aproximar la energía en unidades de entrada y salida para posteriormente determinar la eficiencia del uso de energía, la productividad, la energía específica y la energía neta (Bojacá et al., 2012).

4.3.1. Eficiencia energética en sistemas de producción

En relación a lo anterior, Tinoco et al. (2019), evaluaron esta variable de cuatro manejos agronómicos (alto convencional, bajo orgánico, medio convencional y orgánico intensivo) en sistemas agroforestales, predominantes en cacao, en donde concluyeron que la mayor eficiencia energética se alcanzó con el manejo bajo orgánico (0.05 kg/MJ), lo que se atribuye a una menor dependencia de insumos externos y disminución de costos, frente al manejo alto convencional (0.76 kg/ MJ).

Así también, Guadiana et al. (2021), evaluaron la eficiencia energética entre un sistema de producción convencional frente a un sistema alternativo de policultivo. El primero obtuvo una eficiencia promedio de 1,63 MJ, producidos por cada MJ de entrada, mientras que el sistema convencional obtuvo 0,52 MJ producidos por cada MJ de entrada, demostrando así que este último sistema es más eficiente energéticamente.

4.4. Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea

La biomasa aérea total (Bt), hace referencia al peso seco del material vegetal de los árboles, teniendo en cuenta un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 10 cm, en donde se incluye: fuste, corteza, ramas y hojas y la altura total del árbol desde el suelo hasta el ápice de la copa (Terán & Guzmán, 2010). Conocer la cantidad de biomasa de las especies arbóreas es necesario para estimar la cantidad de carbono que captura un bosque (Avendaño et al., 2009).

UCUENCA

Uno de los métodos para estimar esta fracción de carbono es mediante ecuaciones alométricas (Solano et al., 2019), las cuales permiten establecer una relación entre componentes de difícil medición (biomasa total o área foliar) con variables más fáciles de medir (altura, área basal, DAP) (Terán & Guzmán, 2010).

4.5. Almacenamiento de carbono en Sistemas Agroforestales

Los SAF, se han venido desarrollando como alternativas de mitigación ante el cambio climático y como principales sumideros de CO₂ atmosférico (Alvarado et al., 2013).

En este sentido, Marín et al. (2016), afirman que la capacidad de almacenamiento en estos sistemas es importante, pues en su estudio evaluaron la fijación de carbono atmosférico en la biomasa total de SAF's con especies maderables y frutales y SAF con sólo frutales, en el departamento de Tolima, Colombia, obteniendo valores de 122 y 72,5 t C/ha respectivamente, en donde la biomasa aérea fue el principal componente de almacenamiento.

Así también, Patiño et al. (2018), evaluaron la captura de carbono en biomasa de plantaciones forestales y sistemas agroforestales, obteniendo valores de 85,9 t C/ha para carbono atmosférico en los SAF's, en donde el porcentaje del total de biomasa fue del 83% para la biomasa aérea.

Timoteo et al. (2016), al estimar el carbono almacenado en tres sistemas agroforestales en Huánuco, provincia ubicada en el centro norte del Perú a una altitud de 660 m s.n.m., lugar en donde obtuvieron valores de 9,44 t C/ha, 11,40 t C/ha y 11,37 t C/ha para SAF1, SAF2 y SAF3 respectivamente, durante el primer año de establecimiento de los SAF's, llegando a concluir que la biomasa de los árboles a largo plazo será el componente más predominante en el almacenamiento de carbono en el suelo, sin embargo, durante la primera fase de desarrollo del SAF el componente herbáceo y arbustivo es el componente más dominante, lo cual afirman son resultados que conllevan a una línea base de captura de carbono en SAF's.

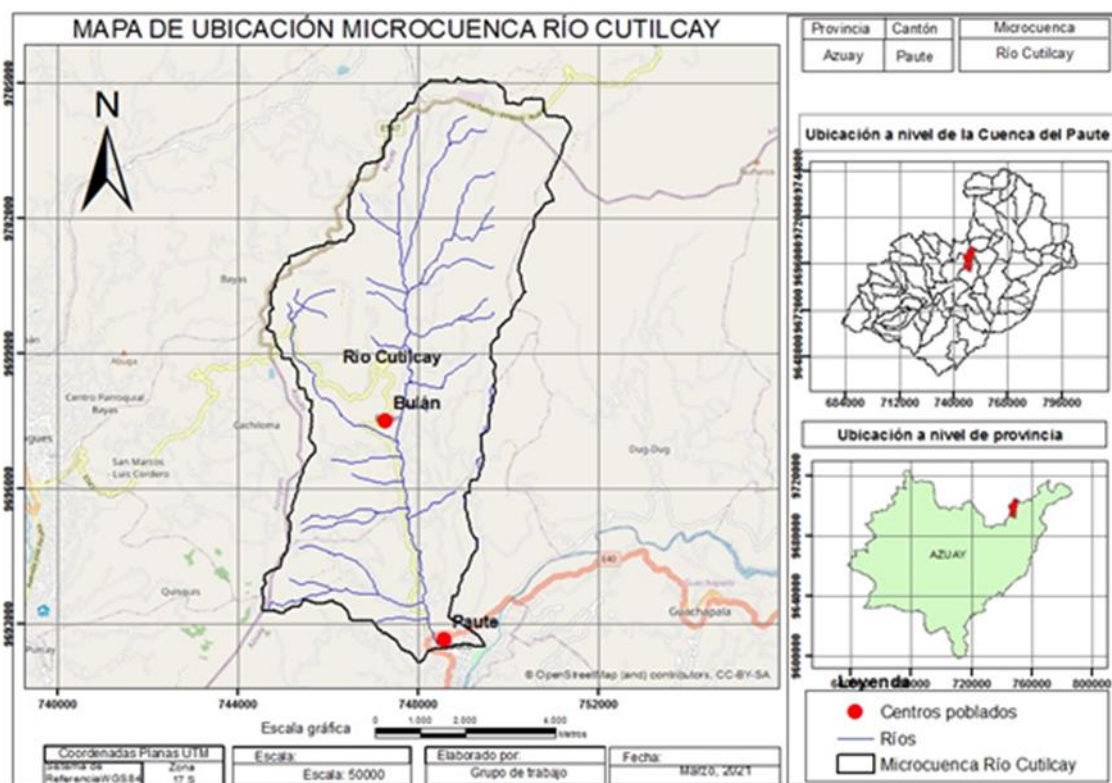
5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Área de estudio

La investigación se llevó a cabo dentro de la microcuenca del río Cutilcay, que se encuentra ubicada en la parroquia Bulán, perteneciente al cantón Paute, al oriente de la Provincia del Azuay. Su altitud varía entre los 2200 m s.n.m y 3500 m s.n.m, posee una superficie de 57,8 km², con una longitud de 13 km, constituyendo así el 1,02% del área total de la cuenca del Río Paute. La microcuenca cuenta con pendientes moderadas entre (45-75%) y laderas con pendiente moderada a fuerte (> 75%). Su estado de conservación es bueno, puesto que las actividades antrópicas no aparecen sino hasta la parte baja de la microcuenca, por lo que las fuentes hídricas que nacen en las partes altas del relieve montañoso de la microcuenca, no se ven afectadas y sirven para diferentes usos (GADP Bulán, 2015).

Figura 1

Mapa de ubicación de la microcuenca del río Cutilcay.



Fuente: Autores

5.2. Selección de la muestra

Para la selección de la muestra e identificación de la muestra se tomó en cuenta la investigación realizada por Caldas & Cedillo (2020), quienes contabilizaron 120 fincas de carácter agroforestal, número que representó el universo de la población para realizar el respectivo cálculo de la muestra.

Para calcular dicho tamaño de la muestra, se utilizó la fórmula propuesta por Morales (2012), que se describe a continuación:

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2(N-1)}{z^2 pq}}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño conocido de la población (universo)

z= Nivel de confianza

e= Margen de error

p= Probabilidad de éxito

q= Probabilidad de fracaso

Para determinar el tamaño de la muestra, se utilizó un nivel de confianza del 95%, un margen de error del 6% (0,06) y una proporción de cumplimiento, es decir la probabilidad de éxito del 75% (0,75) y de fracaso del 25% (0,25), con lo que se obtuvo un tamaño muestral de 75 fincas, como se muestra a continuación:

$$n = \frac{120}{1 + \frac{0,06^2(120 - 1)}{1,96^2 * 0,75 * 0,25}} = 75$$

Seguidamente con el fin de obtener comunidades de comparación para las variables a evaluar en el presente estudio (riqueza florística, eficiencia energética y carbono aéreo) dentro de los sistemas agroforestales y obtener un diagnóstico fiable, se empleó un método de muestreo estratificado proporcional, cuya variables de estratificación fueron los pisos altitudinales de la microcuenca (microcuenca alta, media y baja), que según los parámetros morfométricos descritos por Sellers et al., (2015) son:

- ❖ Microcuenca baja: 2272,33 – 2570,22 m s.n.m.
- ❖ Microcuenca media: 2571,22 – 2868,11 m s.n.m.
- ❖ Microcuenca alta: 2869,11 - 3166 m s.n.m.

Teniendo en cuenta esta clasificación; de las 120 fincas antes contabilizadas, 22 fincas se encuentran en la microcuenca baja, 89 en la media y 9 en la alta, existiendo una distribución desigual en la población presente en cada uno de los estratos. Razón por la cual se empleó una afijación proporcional con el fin de que en la muestra estén representados cada uno de los estratos en la misma proporción, mediante la siguiente fórmula:

$$n_i = n * \frac{N_i}{N}$$

Donde:

n_i = tamaño de la muestra del estrato, n = tamaño de la muestra (75 fincas), N_i = población del estrato (22, 89, 9) y N = universo de la población (120 fincas). Dando como resultado lo descrito en la siguiente tabla:

Tabla 1

Muestra correspondiente para cada estrato

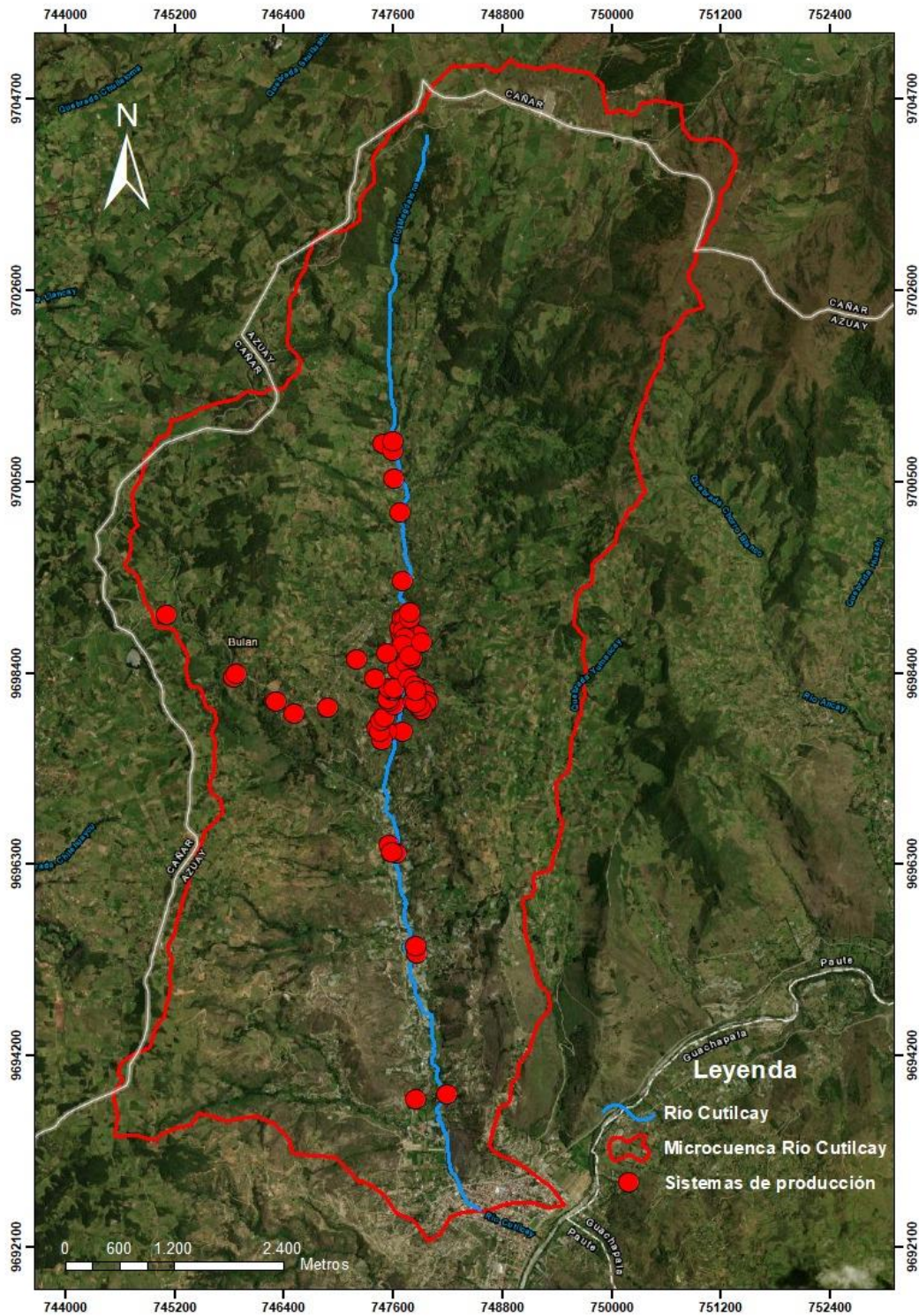
Estrato	Población (fincas)	Tamaño de la muestra (fincas)
Microcuenca baja	22	14
Microcuenca media	89	55
Microcuenca alta	9	6
Total	120	75

5.3. Levantamiento de la información

De acuerdo a la metodología planteada por Salvador et al., (2019), se delimitó parcelas rectangulares de 1000m² (20m x 50m), en cada una de las fincas que representaron la población de este estudio, las cuales estuvieron ubicadas en lugares representativos con la presencia de especies leñosas para la evaluación de la riqueza florística y la estimación de carbono en la biomasa aérea. De esta manera se obtuvieron 75 parcelas en total para los 3 pisos altitudinales, obteniendo así un área de muestreo de 14000 m² para la microcuenca baja, 55000 m² para la microcuenca media y 6000 m² para la microcuenca alta.

Figura 2

Muestra tomada en las 75 fincas de carácter agroforestal de la microcuenca del río Cutilcay.



Fuente: Universidad del Azuay - IERSE (2008).

5.4. Diseño de la investigación

Para la elección del diseño de la investigación, se tomó en cuenta lo descrito por Sampieri et al. (2014), quien menciona un diseño de investigación de tipo no experimental transeccional descriptivo, que consiste en observar los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para su posterior análisis puramente descriptivo, en donde la o las variables independientes no se manipulan y no se tiene control directo ni existe influencia por parte del investigador sobre ellas. Por lo que, para este diseño, el primer paso consiste en definir cuáles serán la o las variables independientes a ser estudiadas ya sea estas aplicadas a un grupo de personas, a otros seres vivos (animales, plantas), situaciones, fenómenos, etc y proporcionar su directa descripción.

Teniendo en cuenta este contexto para la presente investigación la variable independiente, que es la que no se manipuló o sobre la que no existió un control directo fueron los diferentes pisos altitudinales de la microcuenca (microcuenca alta, media y baja) y las variables dependientes que se evaluaron: riqueza florística, eficiencia energética y estimación de carbono aéreo en cada una de las fincas agroforestales ubicadas a lo largo de la microcuenca del río Cutilcay, mismas que representaron las unidades experimentales de este estudio.

5.5. Metodología para el objetivo específico uno: “Evaluar la riqueza florística en sistemas agroforestales en la microcuenca del río Cutilcay”

Para evaluar la riqueza florística, se realizó un conteo e identificación de las especies que se encontraron en cada parcela levantada en cada una de las fincas agroforestales a lo largo de la microcuenca, para el posterior análisis de la diversidad alfa y beta. Para la diversidad alfa que engloba dos variables: riqueza y abundancia relativa; se utilizó el índice de Margalef (D_{Mg}) para riqueza y los índices de Simpson (λ) y Shannon-Wiener (H') para abundancia, mientras que para la diversidad beta, se empleó el índice de similitud de Jaccard (Moreno, 2001). Cada una de las fórmulas correspondientes a cada índice se describen a continuación:

5.5.1. Diversidad alfa

❖ Índice de Margalef:

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde:

S = número total de especies.

N = número total de individuos.

❖ Índice de Simpson:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

❖ Índice de Shannon-Wiener:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie “ i ”, es decir, el número de individuos de la especie (i) dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Para interpretar cada uno de los resultados se tomó en cuenta los valores de significancia que se describen a continuación:

Tabla 2

Valores de significancia para el índice de Margalef.

Valores	Significancia
< 2	Diversidad baja
3 - 4	Diversidad media
> 5	Diversidad alta

Fuente: Campo & Duval. (2014)

Tabla 3

Valores de significancia para el índice de Shannon-Wiener.

Valores	Significancia
< 1,5	Diversidad baja
1,6 - 3.5	Diversidad media
> 3,5	Diversidad alta

Fuente: Magurran, (2004).

Tabla 4

Valores de significancia para el índice de Simpson.

Valores	Significancia
0 - 0,35	Diversidad baja
0,36 - 0,75	Diversidad media
0,76 - 1	Diversidad alta

Fuente: Magurran, (2004).

Adicionalmente, debido a que el tamaño de las muestras para cada piso altitudinal fue desigual como se indicó anteriormente, se construyeron curvas de rarefacción, método que calcula el número esperado de especies de cada muestra al reducirlas a un tamaño igual para todas (Villareal et al., 2004). Las curvas se realizaron por intensidad o esfuerzo de muestreo basado en el área o superficie muestreada y también mediante el número de individuos. Dicho análisis se realizó mediante la función “specaccum” de la librería Vegan del software Rstudio.

5.5.2. Diversidad Beta

La diversidad beta se determinó mediante índice de similitud de Jaccard (I_J) cuyos datos cualitativos se basan en la presencia o ausencia de las especies entre dos conjuntos de datos (Magurran 1988). Por lo que se relacionó los siguientes conjuntos de datos: microcuenca baja - microcuenca media, microcuenca baja - microcuenca alta y microcuenca media - microcuenca alta. El índice arroja valores que oscilan entre 0 y 1, en donde si el valor es más cercano a 1 indica mayor semejanza entre las comunidades evaluadas.

❖ Índice de similitud de Jaccard:

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde:

a = número de especies presentes en el sitio A

b = número de especies presentes en el sitio B

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B

5.6. Metodología para el objetivo específico dos: “Analizar la eficiencia energética en sistemas agroforestales en la microcuenca del río Cutilcay”

Para el análisis de la eficiencia energética se empleó la metodología propuesta por Bojacá et al. (2012) que considera el flujo de todas las entradas y salidas en el sistema de producción, lo que se realiza mediante la elaboración de un cuestionario con una serie de preguntas y posteriormente una entrevista; la cual se realizó a los 75 propietarios de las fincas agroforestales, en donde para las entradas de energía se consideró las siguientes categorías necesarias para la realización del cultivo: tipo de fertilizante (orgánico, sintético), agroquímicos (herbicidas, fungicidas e insecticidas, regulador físico), semillas, trabajo animal, trabajo humano, enmiendas de suelo y agua; mientras que para las salidas de energía se consideró el tipo de cultivo cosechado.

Para realizar el respectivo análisis de eficiencia energética, tanto a los insumos de entradas como a los productos de salidas, se los transformó a unidades equivalentes de energía (Tablas 5 y 6), que fueron expresados dependiendo del tipo en: Mega Joule por hectárea (MJ/h), por litro (MJ/L), por kilogramo (MJ/kg) y metro cúbico (MJ/m³).

Tabla 5

Contenido energético de los insumos empleados y las actividades realizadas dentro del proceso productivo (ingreso de energía)

Ingresos	Unidad	Energía Equivalente (MJ/ unidad)	Cita
Fertilizantes			
Nitrógeno	Kg	64.40	Pérez & Grollmus (2018)
P2O5	Kg	13.20	Pérez & Grollmus (2018)
K2O	Kg	9.50	Pérez & Grollmus (2018)
Microelementos	Kg	120	Mandal et al. (2002)
Agroquímicos			
Insecticidas	Kg	196	Hulsbergen et al. (2001)
Fungicidas	Kg	237	Hulsbergen et al. (2001)
Herbicidas	kg	288	Hulsbergen et al. (2001)
Regulador físico	Kg	244	Audsley et al. (2009)
Otros ingresos			
Mano de obra	h	1.96	Mandal et al. (2002)
Gasolina	l	48.23	Mandal et al. (2002)
Diésel	l	46.49	Pérez & Grollmus (2018)
Agua	m ³	0.63	Pérez & Grollmus (2018)
Trabajo animal	h	44.16	Aguilera et al. (2015)
Fertilizantes orgánicos	Kg	0.30	Pérez et al. (2013)
Semillas	Kg	2.63	Pérez et al. (2013)
Plántulas	unidad	0.20	Pérez et al. (2013)

Tabla 6

Contenido energético de los productos cultivados en la microcuenca del río Cutilcay (Egreso de energía)

Egreso	Nombre Científico	Energía Equivalente (MJ/Kg)	Cita
Aguacate	<i>Persea americana</i>	8.83	Astier et al. (2014)
Albaricoque	<i>Prunus armeniaca</i>	1.90	Hossein et al. (2013)
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	4.49	Mejía et al. (2018)
Arveja	<i>Pisum sativum</i>	1.8	González et al. (2009)
Babaco	<i>Vasconcellea x heilbornii</i>	4.50	Villagómez (2011)
Capulí	<i>Prunus salicifolia</i>	1.90	Hossein et al. (2013)
Chirimoya	<i>Annona cherimola</i>	3.76	FEN (2018)
Ciruelas	<i>Prunus domestica</i>	1.9	Hossein et al. (2013)
Coliflor	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>	1.04	Montemurro et al. (2020)
Durazno	<i>Prunus persica</i>	1.9	Royan et al. (2012)
Fréjol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	20.00	Sarauskis et al. (2020)
Fresa	<i>Fragaria ananassa</i>	1.9	Banaeian et al. (2011)
Guaba	<i>Inga edulis</i>	2.5	Montaño (2006)
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	2.83	Ram & Verma (2017)
Haba	<i>Vicia faba</i>	14.2	Pérez-Neira et al. (2015)
Higo	<i>Ficus carica</i>	3.09	FEN (2018)
Lechuga	<i>Latuca sativa</i>	0.58	Bojacá & Schrevens (2010)
Limón	<i>Citrus limon</i>	1.90	Ozkan et al. (2004)
Maíz	<i>Zea mays</i>	3.6	Fragalli et al. (2017)
Mango	<i>Mangifera indica</i>	2.3	Ram & Verma (2015)
Manzana	<i>Malus domestica</i>	2.5	Mouron et al. (2006)

Mora	<i>Rubus ulmifolius</i>	1.90	Ozkan et al. (2004)
Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	3.3	González et al. (2009)
Nogal	<i>Juglans regia</i>	26.15	Firat et al. (2017)
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>	3.18	Denoia & Montico (2009)
Pera	<i>Pyrus communis</i>	1.9	Hosseini et al. (2013)
Romanesco	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>Romanesco</i>	1.1	Martin et al. (2014)
Tomate de árbol	<i>Solanum betaceum</i>	1.90	Ozkan et al. (2004)
Tomate de mesa	<i>Lycopersicon esculentum</i>	0.8	Denoia & Montico (2009)
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	1.7	González et al. (2009)

Finalmente, se procedió a utilizar estos valores de energía para calcular la eficiencia energética (EE) (Bojacá et al., 2012), la cual se calculó como la relación entre la equivalencia energética de todas las salidas y entradas (es decir, $EE = \text{Salida de energía} / \text{Entrada de energía}$).

5.7. Metodología para el objetivo específico tres: “Estimar el carbono alométrico almacenado en la biomasa aérea en sistemas agroforestales en la microcuenca del río Cutilcay”

Para la estimación del carbono almacenado en la biomasa aérea de los árboles, según la metodología empleada por Marín et al. (2016), se realiza en dos pasos; el primero es calcular la biomasa aérea mediante fórmulas alométricas y el segundo, realizar el cálculo del carbono almacenado. Para este fin, los datos fueron tomados de las parcelas levantadas en cada una de las fincas a lo largo de la microcuenca.

Para la primera parte, se tomó en cuenta las siguientes variables dasométricas: altura total de la especie, obtenida mediante la utilización de un clinómetro y principios trigonométricos, el diámetro a la altura del pecho (DAP) $\geq 10\text{cm}$ y a 1.30 m desde el suelo con la ayuda de una cinta diamétrica (Marín et al., 2016) y finalmente la densidad de la madera de

cada especie identificada dentro de las parcelas de muestreo, que se obtuvo de la base de datos mundial de la densidad de la madera (DRYAD) (Zanne et al., 2009). Dichas variables son consideradas en la ecuación alométrica propuesta por Chave et al., (2014), misma que se muestra a continuación:

$$B = 0.00673 * (\rho D^2 H)^{0.976}$$

Dónde: B = Biomasa (kg), ρ = densidad de la madera (g/cm^3), D = diámetro a la altura del pecho (cm), H = altura (m).

En lo que corresponde al segundo paso, la biomasa obtenida se multiplicó por la fracción de carbono (F_c) que es de 0.47 (IPCC, 2006) para de esta manera obtener el contenido de carbono aéreo almacenada (CA), (es decir $CA = B * F_c$).

5.8. Análisis de datos

Para el análisis y descripción de los resultados obtenidos de cada una de las variables establecidas: riqueza florística, eficiencia energética y estimación de carbono alométrico aéreo, se utilizaron medidas de tendencia central y medidas de dispersión que se evaluaron y analizaron por medio del software estadístico Rstudio.

La metodología empleada para el análisis estadístico fue la misma para los tres objetivos planteados en el presente estudio. En primera instancia se verificó el supuesto de normalidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov (mayor o igual a 50 datos). Para el caso de las variables que presentaron normalidad se realizó un test ANOVA unifactorial a través de un diseño completamente al azar (DCA) desbalanceado, empleando como réplicas las parcelas muestreadas y en el caso de las variables que no presentaron normalidad se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para determinar diferencias entre las comunidades de comparación (microcuenca baja, media y alta). Adicionalmente para el objetivo dos, referente a la eficiencia energética se aplicó el coeficiente de correlación de Spearman para

examinar las relaciones entre la eficiencia energética y las entradas y salidas de energía correspondientes a los sistemas agroforestales o fincas evaluadas.

6. RESULTADOS

6.1. Caracterización de las variables

En primera instancia luego de realizar las respectivas pruebas de normalidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, únicamente el índice de Shannon correspondiente a la diversidad alfa presentó una distribución normal de datos ($p > 0.05$), mientras que los también índices de diversidad alfa; índice de Margalef y Shannon y las variables eficiencia energética y estimación de carbono alométrico aéreo no cumplieron con dicho supuesto de normalidad ($p < 0.05$) (Tabla 7).

Tabla 7

Prueba de normalidad para los índices de diversidad alfa, eficiencia energética y estimación de carbono aéreo.

	Kolmogorov-Smirnov ^a	
	Estadístico	p-valor
Índice de Margalef	0.12642	0.004
Índice de Shannon	0.099694	0.062
Índice de Simpson	0.1491	0.0002
Eficiencia energética	0.2157	0,00000000288
Estimación de carbono alométrico aéreo	0.17045	0.00012

a. Corrección de significancia de Lilliefors

6.2. Riqueza florística leñosa de los sistemas agroforestales de la microcuenca del río Cutilcay (primer objetivo).

6.2.1. Caracterización florística

A lo largo de la microcuenca del río Cutilcay se registraron 3674 individuos pertenecientes a 19 familias, 23 géneros y 28 especies. La familia con la mayor riqueza fue Rosaceae (6 especies), en donde el mayor número de individuos se registró en las especies:

Prunus persica (1347), *Malus domestica* (983), *Prunus domestica* (464) y *Pyrus communis* (297).

Tabla 8

Especies vegetales leñosas identificadas en las comunidades evaluadas (microcuenca baja, media y alta)

Familia	Especie	N° de individuos		
		Microcuenca baja	Microcuenca media	Microcuenca alta
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	0	2	24
Annonaceae	<i>Annona cherimola</i>	30	42	0
Arecaceae	<i>Bractis gasipaes</i>	0	1	0
Solanaceae	<i>Brugmansia arborea</i>	0	2	0
Myrtaceae	<i>Callistemon citrinus</i>	1	1	0
Rutaceae	<i>Citrus limon</i>	12	28	1
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i>	1	0	0
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i>	1	0	0
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i>	1	0	0
Cupressaceae	<i>Cupressus sempervirens</i>	0	2	0
Fabaceae	<i>Erythrina edulis</i>	0	7	2
Moraceae	<i>Ficus carica</i>	1	2	0
Fabaceae	<i>Inga edulis</i>	6	0	0
Juglandaceae	<i>Juglans regia</i>	1	5	1
Rosaceae	<i>Malus domestica</i>	89	782	112
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	1	0	0
Melastomataceae	<i>Melastoma malabathricum</i>	0	0	1
Lauraceae	<i>Persea americana</i>	119	130	4
Pinaceae	<i>Pinus patula</i>	0	0	8
Sapotaceae	<i>Pouteria lucuma</i>	0	1	0
Rosaceae	<i>Prunus armeniaca</i>	75	13	2
Rosaceae	<i>Prunus domestica</i>	83	292	89
Rosaceae	<i>Prunus persica</i>	243	1039	65
Rosaceae	<i>Prunus salicifolia</i>	4	30	14
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	1	2	0
Rosaceae	<i>Pyrus communis</i>	41	233	23
Salicaceae	<i>Salix nigra</i>	1	0	2
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	1	0	0

6.2.2. Diversidad alfa

Al verificar la normalidad de datos ($\alpha=0.05$) se evidenció que los índices de Margalef (D_{Mg}) y Simpson (λ) no presentaron una distribución normal ($p=0.04$ y $p= 0.0002$ respectivamente), mientras que el índice de Shannon si presentó normalidad de datos ($p=0.06$), por lo que se aplicó le prueba de Kruskal-Wallis y test ANOVA, según lo correspondiente a cada caso (Tabla 9).

Tabla 9

Promedios \pm error estándar, para los índices de diversidad alfa, para cada una de las comunidades evaluadas.

Índices	Microcuenca baja	Microcuenca media	Microcuenca alta	p
Índice de Margalef	1.11 \pm 0.51 ab	0.81 \pm 0.49 b	1.41 \pm 0.84 a	0.0261
Índice de Shannon *	1.03 \pm 0.40 ab	0.90 \pm 0.42 b	1.35 \pm 0.38 a	0.0373
Índice de Simpson	0.53 \pm 0.19 a	0.52 \pm 0.30 a	0.67 \pm 0.11 a	0.1358

Kruskal Wallis $\alpha=0.05$; letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes entre las comunidades evaluadas. * ANOVA $\alpha=0.05$; letras diferentes significan que los valores son estadísticamente diferentes.

Según el índice de Margalef (D_{Mg}) para riqueza, se registraron diferencias significativas ($p=0.0261$) entre la microcuenca media y alta, al igual que el índice de Shannon (H') para abundancia ($p=0.0373$). Por el contrario, para el índice de Simpson (λ) no se registraron diferencias significativas ($p=0.1358$) entre las comunidades evaluadas (microcuenca baja, media y alta) (Tabla 9).

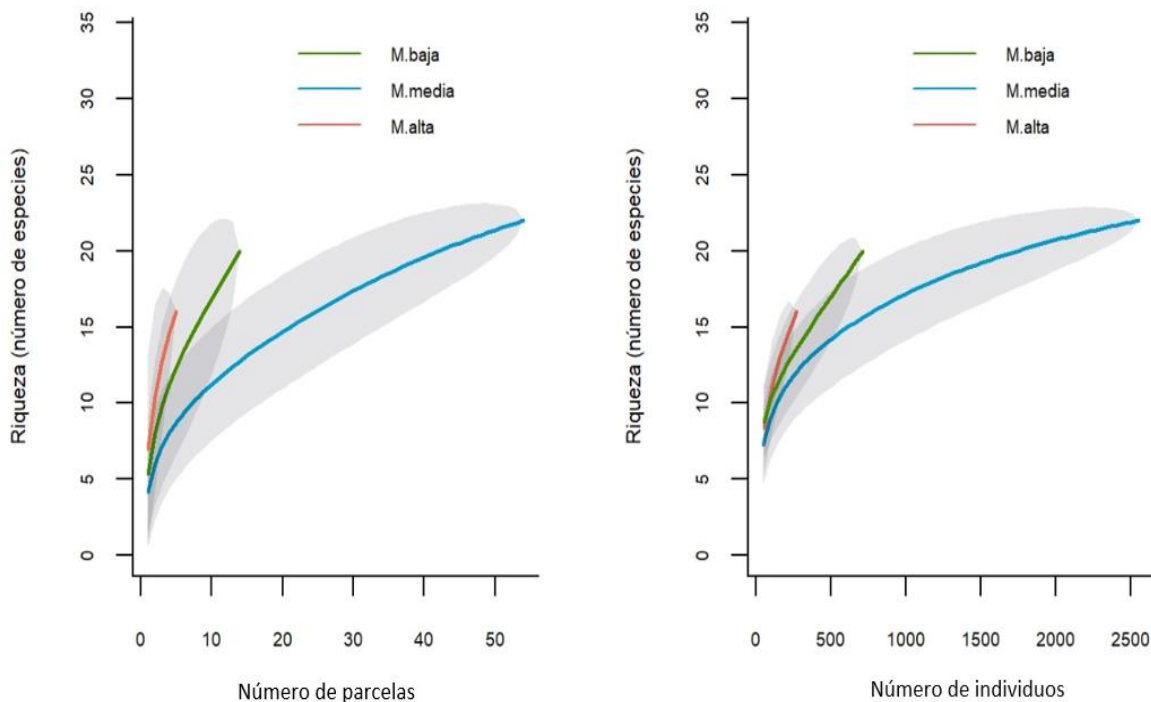
Sin embargo, de acuerdo a los valores de significancia descritos en la metodología, para los índices de Margalef y Shannon (Tablas 2 y 3) indican una diversidad baja <2 y <1.5 respectivamente y en lo que corresponde al índice de Simpson indica una diversidad media (Tabla 4), puesto que los valores resultantes se encuentran entre 0.36 y 0.70.

En cuanto a las curvas de rarefacción, se mostraron valores de estimación similares para cada una de las comunidades comparadas en la parte inicial de las curvas. Sin embargo, la riqueza de especies de la microcuenca media deja de ser similar frente a la microcuenca baja y

alta, teniendo en consideración que a medida que aumenta el número de sistemas de producción (Figura 3A) y el número de individuos (Figura 3B), ya no existe un traslape de las desviaciones estándar (áreas sombreadas), por lo que la microcuenca media presentó los mayores valores estimados en la riqueza de especies.

Figura 3

Curvas de acumulación de especies en las relaciones: sistemas de producción-especies (A) e individuos-especies (B).



6.2.3. Diversidad Beta

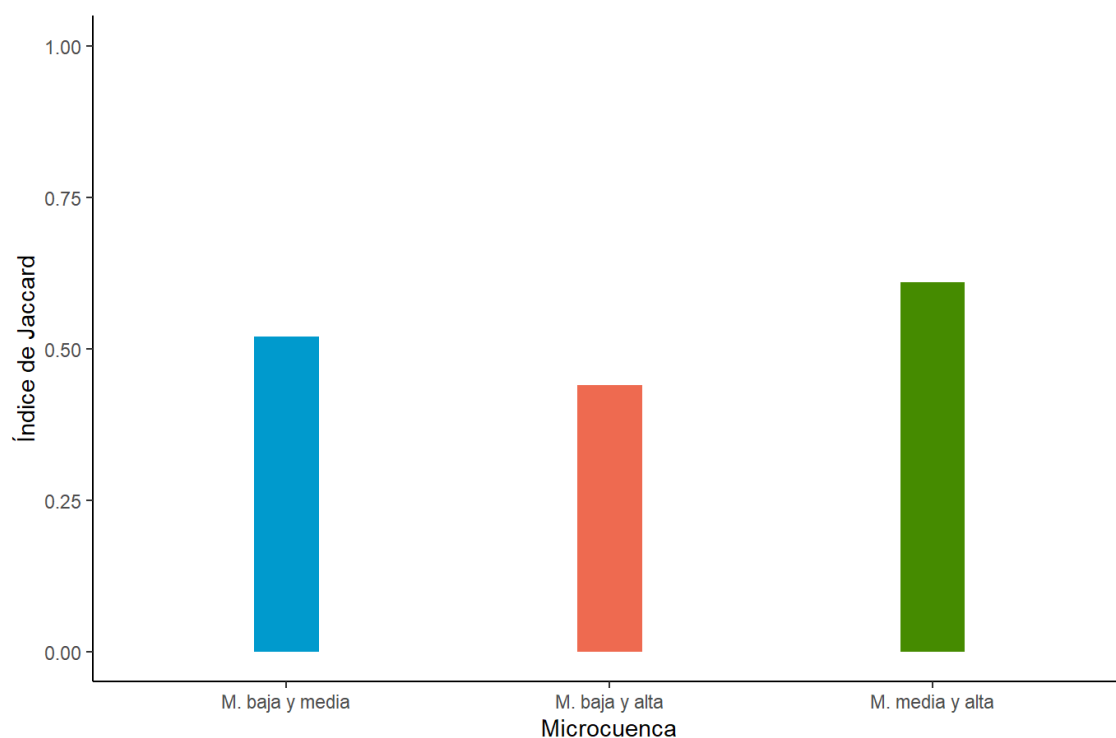
Para el caso de la diversidad beta, debido a que el índice de similitud de Jaccard (I_j) únicamente se basa en la relación de presencia – ausencia entre el número de especies comunes en dos áreas o comunidades, arroja datos insuficientes para realizar un análisis estadístico, pues se obtiene un solo valor entre las comunidades relacionadas, como se describe a continuación.

UCUENCA

La relación entre la microcuenca baja y microcuenca media dio como resultado 0.52 (52%), el de la relación entre la microcuenca media y alta 0.61 (61%), finalmente la relación entre la microcuenca baja y alta 0.44 (44%). Los dos primeros resultados al ser superiores al 50% se interpreta que las comunidades comparten un número mayor de especies, mientras que la última relación al representar un porcentaje menor a la mitad comparte menos especies entre sí.

Figura 4

Índice de similitud de Jaccard entre las comunidades comparadas (microcuenca baja, media y alta).



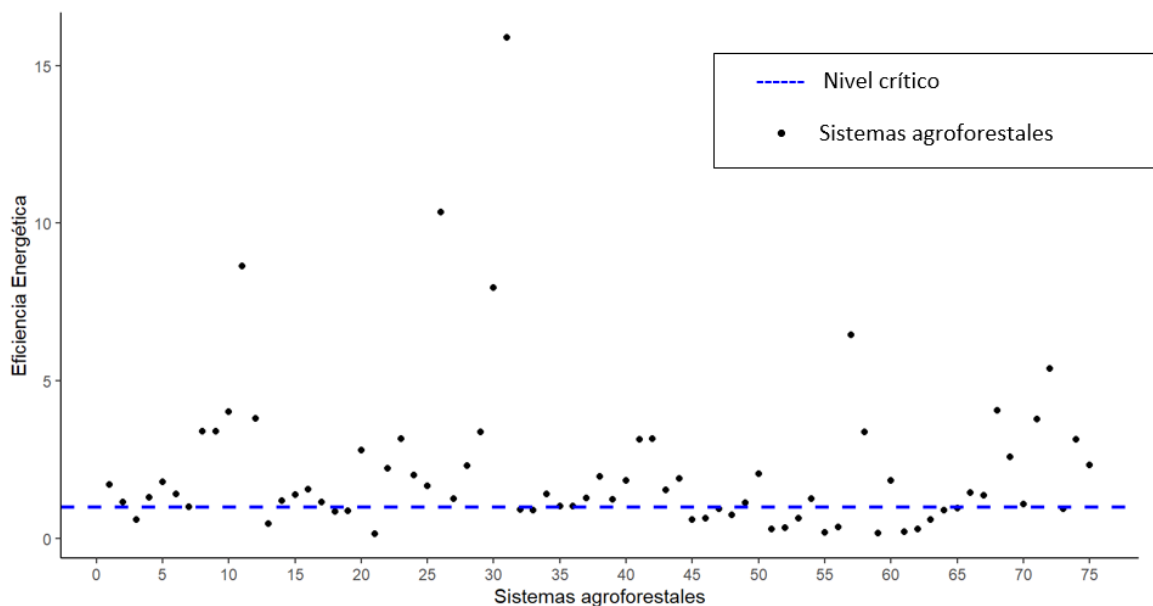
6.3. Eficiencia energética de los sistemas agroforestales de la microcuenca del río Cutilcay (segundo objetivo).

La eficiencia energética siendo el resultado de la relación entre el total de entradas y salidas presentó una media de 2.19. Conforme a estos resultados de los 75 sistemas evaluados el 68% presentan balance energético positivo (>1), es decir que son eficientes energéticamente; María Isabel Ortuño; Patricio Gerardo Crespo

mientras que el 32% un balance energético negativo (<1), siendo estos ineficientes energéticamente (Figura 5).

Figura 5

Balance energético de los 75 sistemas agroforestales evaluados.



Los sistemas de producción de la microcuenca del río Cutilcay presentaron un ingreso de energía por ciclo de cultivo de 679 395.41MJ, valor que representa el total de cada uno de los insumos considerados como entradas de energía (Tabla 10). Conforme a esto, se determinó que la mano de obra y trabajo animal presentó el mayor gasto energético (30.69%), seguido de los fertilizantes químicos (27.90%) y de los combustibles (23.53%).

Tabla 10

Valores totales y su proporción acorde a las entradas de energía en los sistemas agroforestales evaluados

Insumo	MJ	Proporción (%)
Fertilizantes orgánicos	34842	5.13
Fertilizantes químicos	189565.62	27.90
Agroquímicos	81,234	11.96
Semillas	3456.05	0.51

Plántulas	1596	0.23
Agua	376.85	0.06
Combustible	159827.84	23.53
Mano de obra y trabajo animal	208497.01	30.69
TOTAL	679395.41	100.00

6.3.1. Comparación entre comunidades evaluadas

Para los datos correspondientes a la variable eficiencia energética, las comunidades evaluadas (microcuenca baja, media y alta), estos no presentaron normalidad ($p= 0.00000000288$) y tampoco diferencias significativas ($p=0.627$) con relación a la variable eficiencia energética. Pese a este resultado, se presentó un valor mayor con respecto a las medianas para la microcuenca baja (1.48) siendo esta la más eficiente en comparación a la microcuenca media (1.36) y alta (1.39). (Tabla 11) (Figura 6).

Tabla 11

Prueba de Kruskal-Wallis para las microcuencas con relación a la variable eficiencia energética

a) Desviación estándar y medianas para las microcuencas y para la variable eficiencia energética

		N	D.E	Medianas
Microcuenca	Microcuenca baja	14	2.164	1.48
	Microcuenca media	55	2.694	1.36
	Microcuenca alta	6	0.433	1.36
Total de datos muestreados		75	2.491	1.39

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

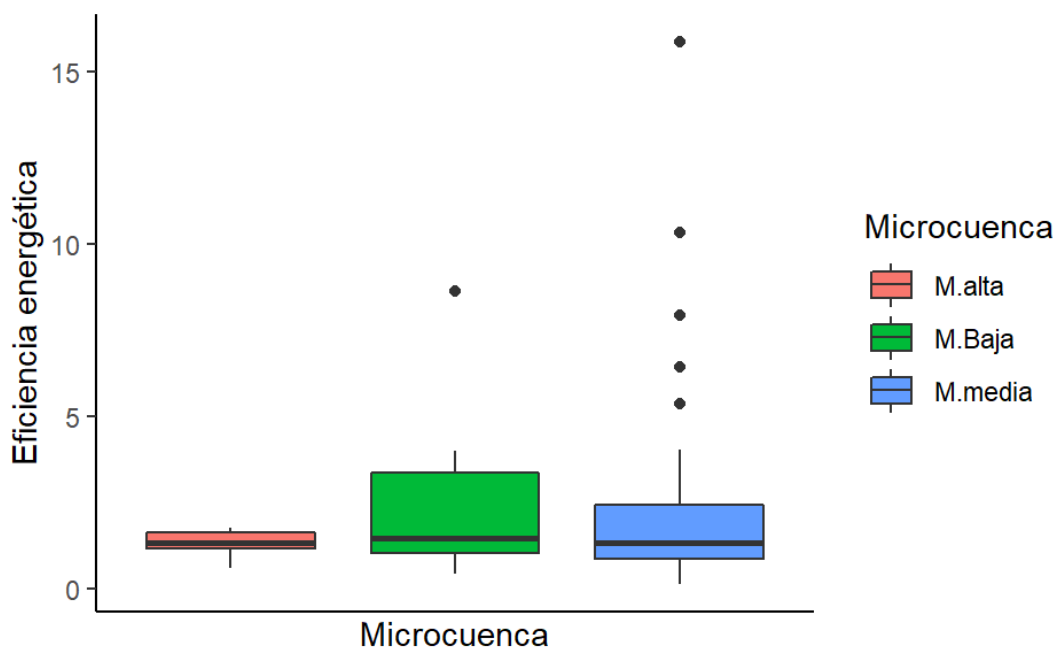
	Eficiencia Energética
Chi-cuadrado	0.93
df	2
p-valor	0.627

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Microcuenca

Figura 6

Medianas de la variable eficiencia energética correspondientes a cada microcuena.

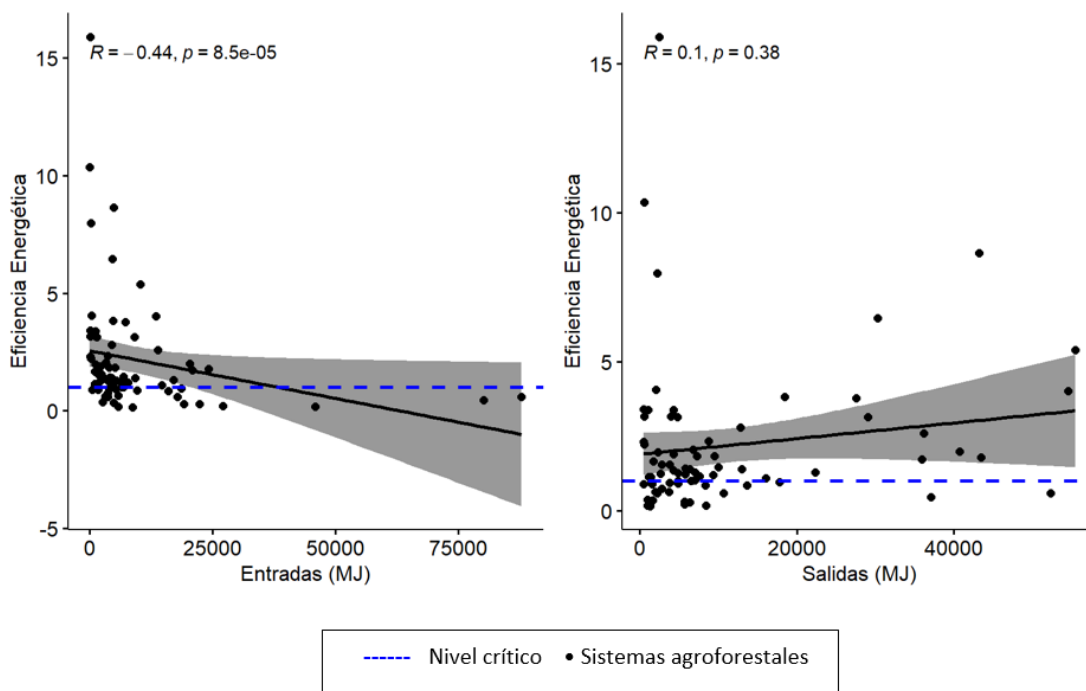


6.3.2. Correlaciones entre las entradas, salidas y la eficiencia energética de cada sistema evaluado.

Según la correlación de Spearman para la relación entre las entradas (agroquímicos, fertilizantes químicos, fertilizantes orgánicos, semillas, plántulas, agua, combustible, trabajo humano y animal) y la eficiencia energética, se presentó una correlación negativa ($R = -0.44$) y estadísticamente significativa ($p = 8.5 \times 10^{-5}$) (Figura 7A). Mientras que, para la relación entre las salidas y la eficiencia energética, la correlación fue positiva ($R = 0.1$) y no presentó significancias ($p = 0.38$) (Figura 7B).

Figura 7

Correlaciones de Spearman entre: entradas-eficiencia energética (A) y salidas-eficiencia energética (B).



Nota. Área sombreada gris significa intervalo de confianza ($\alpha=0.05$).

6.4. Estimación de carbono alométrico almacenado en la biomasa aérea en sistemas agroforestales en la microcuenca del río Cutilcay (tercer objetivo)

Considerando la estimación de carbono alométrico almacenado en la biomasa aérea, en primera instancia no se presentó normalidad de datos ($p=0.00012$) y tampoco se registraron diferencias significativas entre las microcuencas ($p=0.29$). A pesar de ello y al igual que la variable anterior la microcuenca baja presentó un mayor valor (9.21 t C/ha), seguido de la microcuenca alta (9.15 t C/ha) y microcuenca media (7.2 t C/ha). Obteniéndose una mediana de 8.02 t C/ha para la zona en general. (Tabla 12) (Figura 8).

Tabla 12

Prueba de Kruskal-Wallis para las microcuencas con relación a la variable estimación de carbono aéreo

a) Desviación estándar y mediana para las microcuencas y para la variable estimación de carbono aéreo.

		N	D.E	Medianas
Microcuenca	Microcuenca baja	14	6.29	9.21
	Microcuenca media	55	6.93	7.2
	Microcuenca alta	6	3.52	9.15
Estimación de carbono aéreo		75	6.58	8.02

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

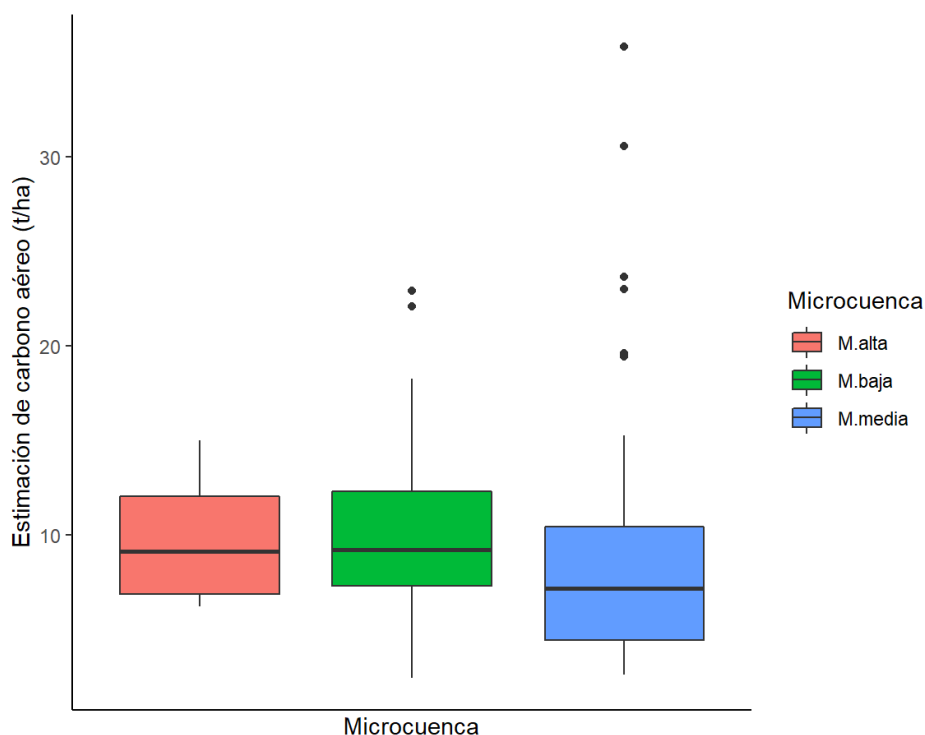
	Estimación de Carbono aéreo
Chi-cuadrado	2.41
df	2
p-valor	0.29

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Microcuenca

Figura 8

Medianas de la variable estimación de carbono aéreo correspondientes a cada microcuenca.

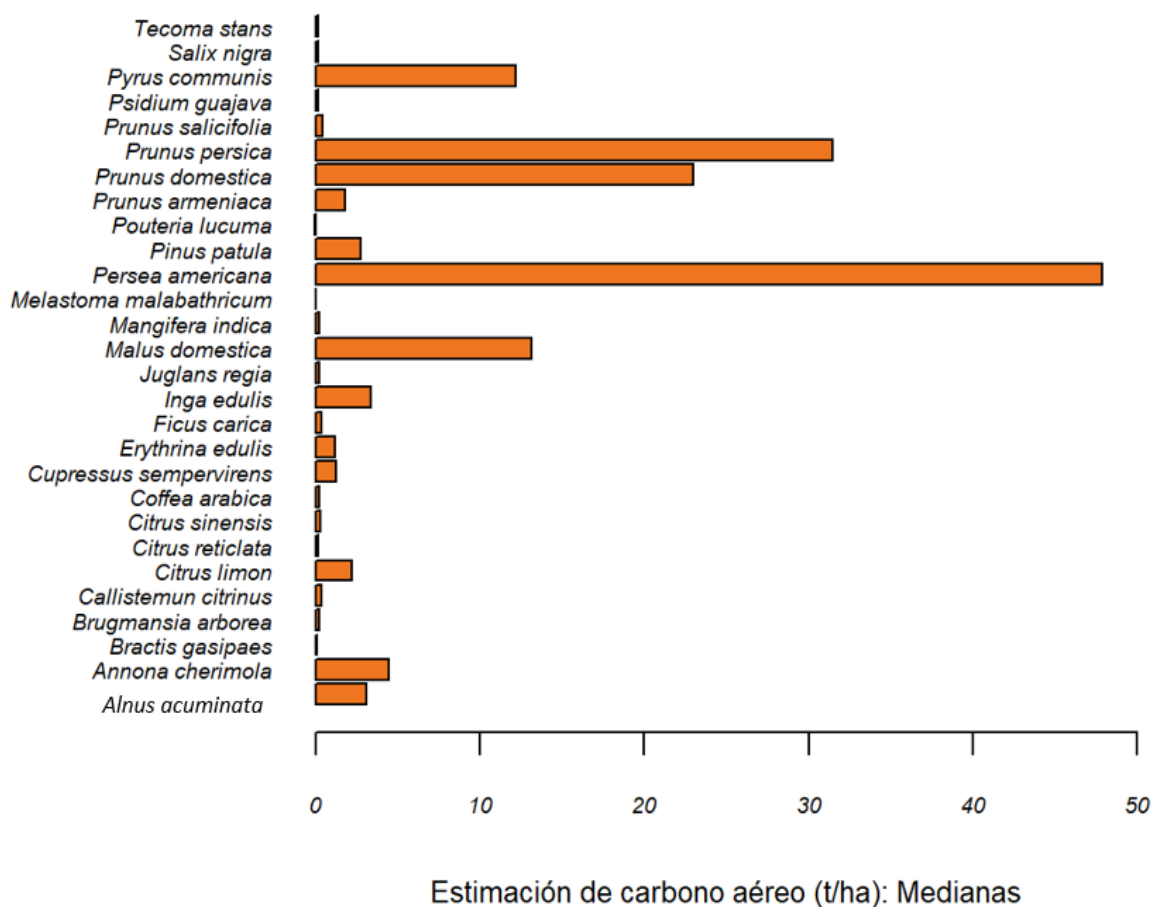


6.4.1. Estimación de carbono alométrico almacenado en la biomasa aérea en relación a las especies vegetales leñosas identificadas en la microcuenca del río Cutilcay

La estimación de carbono aéreo (t/ha), según comparación de medianas mediante la prueba de Kruskal-Wallis no presentó diferencias significativas entre las especies vegetales leñosas ($p=0.06$). Sin embargo, se obtuvieron valores mayores para *Persea americana* (47.86 ± 31.99), seguido de *Prunus persica* (31.43 ± 38.29) y de *Prunus domestica* (22.96 ± 25.97) (Figura 9).

Figura 9

Medianas de la variable estimación de carbono aéreo en relación a las especies vegetales leñosas identificadas en la zona de estudio.



7. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados, en las tres comunidades comparadas (microcuenca baja, media y alta), se presentó una diversidad baja de acuerdo a los valores de significancia de los índices de diversidad evaluados. Dicho resultado indica que existe una distribución desigual de las especies vegetales en relación a su abundancia (Sunwar, 2004), desigualdad que es producida principalmente por el manejo realizado por el hombre en los huertos.

Por otro lado, la estructura de una vegetación al ser una característica de la distribución espacial de la vegetación en el paisaje (Bautista, 2015), juega un rol importante en relación a la diversidad de especies, como lo evidencia Castañeda et al., 2020, al evaluar la composición florística de huertos familiares, en donde se obtuvo valores de diversidad altos ($D_{Mg} = 8.27$, $\lambda = 0.89$, $H' = 3.00$) lo que lo relaciona con el manejo horizontal y la estratificación vertical de los huertos que permite un mejor aprovechamiento del espacio posibilitando el incremento de la diversidad.

Adicionalmente, la distribución de los componentes estructurales surge como respuesta a las necesidades o preferencias de los productores, lo que hace que se modifiquen los sistemas (Montenegro, 2016), haciéndolos más o menos diversos. Así, Salazar et al. (2015), evidencia altos valores de diversidad ($D_{Mg} = 19.34$, $H' = 4.26$) en sistemas agroforestales que incluyen hortalizas, medicinales, forestales y en su mayoría especies frutales y medicinales, contrario a lo hallado en el presente estudio, en donde los sistemas no incluyen dicha variedad de especies.

Sin embargo, los resultados mostraron diferencias significativas de diversidad para la microcuenca media y alta. En este contexto McCain & Grytnes (2010) argumentan que existe un mayor número de especies en intervalos de altitud intermedios; mientras que Ávila et al. (2018), afirman que el mayor número de especies se encuentra en los gradientes de menor y mayor altura. Dichos autores relacionan estos patrones de diversidad con variables ambientales (precipitación y temperatura) y edáficos (tipo de suelo). Por otro lado, Chawla et al. (2008),
María Isabel Ortuño; Patricio Gerardo Crespo

UCUENCA

señalan que la disminución de la diversidad en las altitudes más bajas, se debe a un régimen de frecuentes perturbaciones antropogénicas, como carreteras, construcción y vivienda; lo que resulta en el reemplazo de la vegetación natural en ecosistemas hechos por el hombre.

Por otra parte, se afirma que el tamaño de la muestra es otro de los factores que influye directamente en la diversidad (Moreno, 2001), pues cuando el esfuerzo de muestreo es mayor o cuando las muestras fueron obtenidas a partir de sitios con homogeneidad en cuanto a la distribución de la abundancia de las especies, el resultado es que la diversidad observada en la muestra es mayor (Moreno et al., 2011, Marrugan 2004). Teniendo en cuenta esta aseveración Duarte et al. (2019) obtuvieron un valor más alto de diversidad ($D_{Mg} = 2.48$), para la finca con mayor tamaño y mayor cantidad de individuos, mientras que el menor valor ($D_{Mg} = 1.42$), se vio reflejado en la finca de menor tamaño, en donde no existió superposición de los intervalos de confianza en el punto en que la muestra mayor iguala a la muestra menor.

En base a nuestros resultados en cuanto a las curvas de rarefacción se evidenció un patrón similar a los autores antes mencionados, pues a medida que aumenta ya sea el área de muestreo o el número de individuos ya no existe una superposición de las desviaciones estándar y se esperan mayores valores estimados de riqueza para la microcuenca media.

En relación a los niveles de similitud (índice de Jaccard) entre las comunidades definidas en este estudio, la relación entre la microcuenca baja y alta resultó ser menor al 50%, por lo que este valor puede estar asociado a la diferencia de altitud que existe la microcuenca baja y la microcuenca alta, mientras que las otras relaciones al estar más cercanas geográficamente obtuvieron mayores porcentajes de similitud. Algo similar lo reportan Urra & Ibarra (2018), al analizar la composición, riqueza y usos de las especies vegetales según la zona geográfica (norte, centro-sur y sur) de huertos familiares en Chile, en donde obtuvieron el mayor porcentaje de similitud (47%) para las zonas centro-sur y sur por su cercanía geográfica, mientras que para la relación entre la zona norte y sur un porcentaje del 29%. García et al, María Isabel Ortuño; Patricio Gerardo Crespo

UCUENCA

(2019), Colín et al. (2012) aseguran que factores ecológicos (clima, suelo) sociales, culturales y económicos determinan mayor o menor semejanza entre comunidades y por ende afectan la riqueza vegetal.

Con respecto a la eficiencia energética, la mano de obra y el trabajo animal presentaron el mayor gasto energético (30.69 %), similar a lo que reportan Hossein et al. (2012) al evaluar el consumo de energía de dos cultivares de ciruelas, en donde indican que el trabajo humano es la segunda entrada con el mayor consumo energético, luego de los fertilizantes en los dos cultivares evaluados, lo que se atribuye principalmente a las labores de cosecha y poda, siendo esta última necesaria especialmente en las especies de hoja caduca para su correcta producción. Así también Rodríguez et al. (2020), al comparar sistemas de producción agroecológicos y sistemas convencionales en la región central de Cuba, obtuvieron un mayor gasto energético para el trabajo humano en los sistemas agroecológicos, debido a que estos predios no son altamente mecanizados y las labores de control de patógenos, abonado, control de malezas y cosecha son altamente demandantes en mano de obra (Altieri, 1999).

Sin embargo, el gasto energético en fertilizantes químicos y combustibles también es alto (27.90% y 23.53% respectivamente). Resultados contradictorios a los de Nava et al. (2019), quienes obtuvieron un consumo del 48% para combustibles y del 17% para fertilizantes químicos en los agroecosistemas que evaluaron en los Valles Centrales de Oaxaca, al sur de México. Estos resultados indican que existe cierta dependencia de insumos externos para mantener los equilibrios internos del sistema (Morales et al., 2019). Así el alto consumo de fertilizantes químicos, se debe a que estos poseen mayor concentración de nutrientes, baja humedad y son de fácil aplicación incluso en zonas de ladera (Gökdoğan & Sevin, 2016), y en cuanto a la dependencia de combustibles, esta es necesaria para el funcionamiento de maquinaria agrícola, para impulsar el riego y para el transporte tanto de insumos como de las cosechas (Pimentel & Pimentel, 2001).

UCUENCA

De acuerdo con los resultados la microcuenca baja, aunque no significativamente, es más eficiente energéticamente en comparación a la microcuenca media y alta, lo que puede deberse a que la zona se ve afectada por la expansión urbana, perturbaciones antropogénicas y abandono de las tierras, según lo que se pudo constatar. Estos factores han disminuido el uso agrícola del suelo y por ende existe un menor gasto en insumos, lo que permite que los sistemas sean más eficientes pero pocos sostenibles. Pese a este resultado, la mayoría de los sistemas evaluados a lo largo de la microcuenca son eficientes energéticamente, resultados que coinciden con el estudio previo de Caldas & Cedillo (2020), en donde el sistema mixto obtuvo la mayor eficiencia energética, con una mediana de 2.05. De igual forma Iermanó & Sarandón (2016), al evaluar la eficiencia energética entre un sistema agrícola empresarial y un sistema mixto familiar, concluyeron que estos últimos fueron más eficientes que los agrícolas empresariales, debido a que estos requieren de grandes inversiones de capital, grandes cantidades de insumos, riego y utilizan maquinaria sofisticada.

En el análisis de correlación entre entradas y eficiencia energética, las variables se relacionan inversamente es decir que a menor gasto energético en las entradas la eficiencia energética será mayor y viceversa. Así Hoepfner et al. (2005), al comparar dos sistemas orgánicos y convencionales en Canadá, afirman que la alta eficiencia energética en los sistemas orgánicos, estuvo influenciada por la menor entrada de energía y aún que las salidas de energía fueron altas en el sistema convencional esto no fue necesario para compensar las mayores entradas de energía del sistema. Así también las salidas fueron 30% menores en el sistema orgánico, lo que fue atribuido a los menores rendimientos de los cultivos dentro del sistema. Los autores concluyen que la eficiencia energética incrementa mientras el gasto energético de las entradas disminuya.

En referencia a la estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea, no se presentaron diferencias significativas entre las comunidades comparadas, lo que se asemeja a

UCUENCA

lo reportado por Salas et al. (2020), quienes luego de evaluar la influencia del gradiente altitudinal (200 a 300 m s.n.m) sobre la estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea viva y en suelos en un bosque protector en Jipijapa, Ecuador, no obtuvieron diferencias significativas ni para carbono almacenado en el suelo ni en la biomasa aérea, esto debido a que existe similitud en la composición vegetal entre los pisos altitudinales como en el presente estudio.

Sin embargo, en la microcuenca baja y alta se presentaron los mayores valores de estimación de carbono (9.21 y 9.15 t C/ha respectivamente), resultados parciales a lo reportado por Bajigo et al. (2015), quienes evaluaron la estimación de carbono en prácticas agroforestales a diferentes altitudes (1937 a 2100 m s.n.m) en sistemas agroforestales familiares de Etiopía y reportaron una mayor estimación de carbono en el piso de menor altitud y mediana altitud (46.17 y 37.43 t C/ha), diferencias que son atribuidas a la edad de las especies, parámetros estructurales como el área basal, la cobertura de la copa y el número de individuos por hectárea. Así también, Roshetko et al. (2002) afirman que los árboles maduros almacenan mayor cantidad de carbono y que las labores de poda o tala de árboles pueden conducir a errores en la estimación.

Con respecto a la estimación de carbono en relación a las especies vegetales identificadas en la zona de estudio, para *Persea americana* se obtuvo una mediana de 47.86 t C/ha, lo que se asemeja a lo obtenido por Huayanay (2018), al evaluar el contenido de carbono en un sistema de producción de aguacate (30.29 t C/ha), así también Marín et al. (2016), reportaron que el SAF con aguacate presentó una de las mayores acumulaciones de carbono (31.7 t C/ha).

Por otra parte, Yadav et al. (2015), reportó valores entre 22.4 a 26.5 t C/ha para *Prunus armeniaca* y *Prunus domestica* respectivamente en asociación con cultivares de trigo en la India, valores que fueron superiores a los sistemas de monocultivo de trigo.

UCUENCA

De igual manera, Herbas et al. (2018), al evaluar 10 sistemas agroforestales dinámicos en Bolivia, reportaron que en 6 sistemas el manzano (*Malus domestica*), fue la especie que más aportó al total de carbono almacenado en la biomasa aérea (2.65 - 20.27 t C/ha), en comparación a mediana obtenida en este estudio para esta especie que fue de 13.17 t C/ha.

Los autores de estos estudios atribuyen que estos valores de fijación de carbono son consecuencia de la edad, del tipo de asociación en el SAF, de la densidad de plantación, la diversidad de especies y de la región geográfica.

8. CONCLUSIONES

Con respecto a la riqueza florística leñosa se determinó que la familia Rosaceae fue la más abundante, sin embargo, de acuerdo a los índices de diversidad alfa aplicados, la diversidad de la microcuenca del río Cutilcay es baja. A pesar de ello, de acuerdo a las curvas de acumulación de especies se espera un mayor valor estimado de riqueza para la microcuenca media, en donde los sistemas de producción e individuos fueron mayores en número.

En cuanto a la diversidad beta la microcuenca baja y la microcuenca alta comparten un menor número de especies y por el contrario la microcuenca baja y media y la microcuenca media y alta comparten un mayor número de especies por lo que se consideran que son comunidades similares.

La mayoría de los sistemas agroforestales evaluados presentaron un balance energético positivo (>1), a pesar de no existir diferencias significativas entre las comunidades evaluadas, en donde la mano de obra y trabajo animal presentó el mayor gasto energético, seguido de los fertilizantes químicos y los combustibles. De acuerdo con las correlaciones establecidas se afirma que va a existir un incremento de la eficiencia energética a medida que el gasto energético de las entradas disminuya.

Para la estimación de carbono alométrico almacenado en la biomasa aérea tampoco de registraron diferencias significativas entre las comunidades. No obstante, para la microcuenca en general se estimó que almacena en promedio 8.02 t C/ha, en donde las especies que más aportan a este valor son *Persea americana*, *Prunus pérsica* y *Prunus doméstica*.

9. RECOMENDACIONES

Para futuros estudios se recomienda:

- ❖ Para mejorar los estudios de diversidad, tomar en consideración además de las especies vegetales leñosas, las especies arbustivas y especies herbáceas.
- ❖ Complementar los estudios de estimación de carbono almacenado en la zona estudiada, estimando este componente en el suelo.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, E., Guzmán, G., Infante, A., Soto, D., García, R., Herrera, A., . . . González, M. (2015). *Embodied energy in agricultural inputs. Incorporating a historical perspective*. España: Sociedad Española de historia agraria.
- Aguilera, R. (2016). Agroforestería una propuesta para el desarrollo sostenible de la agricultura en la Cordillera Chongón Colonche-Ecuador. *Revista DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, 9(25).
- Altieri, M. (1999). *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. Editorial Nordan-Comunidad.
- Altieri, M. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 19-31.
- Alvarado, J., Andrade, H., & Segura, M. (2013). Almacenamiento de carbono orgánico en suelos en sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en el municipio de Líbano, Tolima, Colombia. *Colombia Agroforestral*, 16 (1), 21-31.
- Astier, M., Merlín-Uribe, Y., Villamil, L., Garciarreal, A., Gavito, M., & Maser, O. (2014). Energy balance and greenhouse gas emissions in organic and. *Ecological indicators*, 43, 281- 287.
- Audsley, E., Stacey, D., Parsons, A., & Williams, G. (2009). *Estimation of the greenhouse gas emissions from agricultural pesticide manufacture and use*. Cranfield bedford: Cranfield University.
- Avendaño, D., Acosta, M., Anzures, F., & Etchevers, J. (2009). Estimación de biomasa y carbono en un bosque de Abies religiosa. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 32(3), 232-238.

- Ávila, P., Sánchez, A., Catalán, C., Almazán, R., & Jiménez, J. (2018). Patrones de riqueza y diversidad de especies vegetales en un gradiente altitudinal en Guerrero, México. *Polibotánica*, 45, 101-113.
- Bajigo, A., Tadesse, M., Moges, Y., & Anjulo, A. (2015). Estimation of carbon stored in agroforestry practices in Gununo Watershed, Wolayitta Zone, Ethiopia. *Ecosystem & Ecography*, 5:157.
- Banaeian, N., Omid, M., & Ahmadi, H. (2011). Energy and economic analysis of greenhouse strawberry production in Tehran province of Iran. *Energy conversion and management*, 52, 1020-1025.
- Baptista, F., Silva, L., Visser, C., Golaszewski, J., Meyer, A., Briassoulis, D., Murcho, D. (2013). *Energy Efficiency in Agriculture in Complete communications of the 5th International Congress on Energy and Environment Engineering and Management 2013*, Lisbon, 17-19
- Bautista, G. (2015). *Composición florística, importancia socioeconómica y estructura de los huertos familiares del Ejido la Encrucijada, Cárdenas, Tabasco, México. Montecillo [Tesis de postgrado, Instituto de enseñanza e investigación en Ciencias Agrícolas]*.
- Bojacá, C., & Schrevens, E. (2010). Energy assessment of peri-urban horticulture and its uncertainty: Case study. *Energy*, 35, 2109-2118.
- Bojacá, C., Casilimas, H., Gil, R., & Schrevens, E. (2012). Extending the input-output energy balance methodology in agriculture through cluster analysis. *Energy*, 47 (1), 465-470.

- Caldas, K., & Cedillo, D. (2020). *Evaluación de la sostenibilidad, eficiencia energética y agrobiodiversidad funcional de los sistemas de producción agrícolas presentes en la microcuenca del río Cutilcay. Cuenca [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]*.
- Campo, A., & Duval, V. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calcel (Argentina). *Anales de Geografía*, 34 (2), 25-42.
- Castañeda, I., Aliphath, M., Barrera, R., Lira, S., & Martínez, D. (2020). Conocimiento tradicional y composición de los huertos familiares totonaxas de Caxhuacan, Puebla, México. *Polibotánica*, 49, 185-217.
- Chamba, M., Durazno, L., & Vásquez, E. (2018). Tipificación de los sistemas productivos en el proyecto de riego. *Bosques Latitud Cero*, 8(1), 96-108.
- Chawla, A., Rajkumar, S., & Singh, K. (2008). Plant species and diversity along an altitudinal gradient of Bhabha Valley in western Himalaya. *J. Mt. Sci.* 5, 157-177.
- Colín, H., Hernández, A., & Monroy, R. (2012). El manejo tradicional y agroecológico en un huerto familiar de México, con ejemplo de sostenibilidad. *Etnobiología*, 10(2), 12-28.
- Corral, G. (2006). *Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales con café arábigo y cacao, en dos zonas agroecológicas del litoral ecuatoriano*. Loja: INIAP.

- Cueva, E., Lozano, D., & Yaguana, C. (2019). Efecto de la gradiente altitudinal sobre la composición florística, estructura y biomasa aérea del bosque seco andino, Loja, Ecuador. *Bosque (Valdivia)*.40(3), 356-378.
- DaMatta, F., & Rodríguez, N. (2007). Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del Neotrópico: una visión agrodinámica y ecofisiológica. *Revista Agronomía Colombiana*, 25(1), 113-123.
- Denoia, J., & Montico, S. (2010). Balance de energía en cultivos hortícolas a campo en Rosario (Santa Fé, Argentina). *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 23(41), 145-157.
- Duarte, A., Rosero, L., Guerra, A., & Moreno, P. (2019). Diversidad biológica y seguridad alimentaria que ofrecen las huertas urbanas del altiplano andino - amazónico en el Valle de Sibundoy, Putumayo, Colombia. *Cuadernos de Biodiversidad*, 57, 12-25.
- FEN. (2018). *Informe de estado de situación sobre "Frutas y hortalizas: nutrición y salud en la España del S. XXI"*. Madrid: Fundación Española de la Nutrición.
- Firat, M., Gokdogan, O., & Ibrahim, H. (2017). Determining the Energy Usage Efficiency of Walnut (*Juglans Regia* L.). *Erwerbs-Obstbau*, 59 (1), 77-82.
- Fragalli, A., González, A., & Panhoca, L. (2017). Inventario del ciclo de vida de energía y carbono en una producción agrícola convencional en Paraná-Brasil. *Revista Paranense de desenvolvimento*, 38 (132), 43-54.
- Funes, F. (2009). *Eficiencia energética en sistemas agropecuarios. Elementos teóricos para el cálculo y análisis integrado*. Estación Experimental "Indio Hatuey"-Cuba: Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF).

- GAD-Bulán. (2015). Diagnóstico del sistema territorial. En GAD-Bulán, *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial* (págs. 1-182). Paute.
- García, C., Gutiérrez, J., & Araújo, M. (2019). Factores sociales explicativos de la riqueza vegetal en huertos familiares: análisis de una estrategia de vida. *Sociedad y Ambiente*, 7 (19), 241-264.
- Gökdoğan, O. & Erdogan, O. (2017). Evaluation of energy balance in organicolive (*Olea europaea* L.) Production in Turkey, A case study of Aydın-Karpuzlu region. *Erwerbs-Obstbau*, 60 (1), 47-52.
- Gómez, E., Rousseau, G., Celentano, D., Salazar, H., & Gehring, C. (2018). Efecto de la riqueza de especies y estructura de la vegetación en el almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de la Amazonía, Bolivia. *Revista de Biología Tropical*, 66 (4), 1481-1495.
- González, A., Frostell, B., Assefa, G., Kutter, R., & Strogon, B. (2009). Energía y gases de efecto invernadero en la producción de distintos grupos de alimentos. *Avances en energías renovables y medio ambiente*, 13, 63-70.
- Guadiana, Z., Durán, H., Rossel, E., Algarra, M., & Cisneros, R. (2021). Eficiencia energética en sistemas agrícolas familiares bajo condiciones de clima frío. *Interciencia*, 46 (1), 32-36.
- Guiracocha, G., Harvey, C., Somarriba, E., Krauss, U., & Carrillo, E. (2001). Conservación de la biodiversidad en sistemas agroforestales con cacao y banano en Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 8 (30), 7-11.
- Herbas, C., De la Barra, N., & Azero, M. (2018). Fijación de carbono en 10 sistemas agroforestales dinámicos (SAFD) de la zona seca de Cochabamba. En M.

Azero, *Evaluación de sistemas agroforestales dinámicos en el semiárido de Cochabamba: Diez estudios de caso de las comunidades de Rodero, La Maica, Aramasí y Combujo y Pairumani* (págs. 21-50). Cochabamba, Bolivia: Grupo Kipus.

Hoepfner, J., Entz, M., McConkey, B., Zentner, R., & Nagy, C. (2005). Energy use and efficiency in two Canadian organic and conventional crop production systems. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 21(1), 60-67.

Hossein, S., Rafiee, S., & Keyhani, A. (2012). Energy consumption flow and econometric models of two plum cultivars. *Energy*, 44, 211-216.

Hossein, S., Rafiee, S., Keyhani, A., & Davoud, M. (2013). Energy use pattern and sensitivity analysis of energy inputs and input costs for. *Renewable Energy*, 51, 7-12.

Hossein, S., Rafiee, S., Keyhani, A., & Ebrahimi, A. (2013). Energy and economic assessment of prune production in Tehran province of Iran. *Journal of Cleaner Production*, 39, 280-284.

Huayanay, A. (2020). Contenido de carbono en un sistema de producción de palto (Persea americana Mill) en Pillco Marca - Huanuco. *Investigación Agraria*, 2 (1), 39-49.

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

- Iermanó, M., & Sarandón, S. (2015). Eficiencia energética de cultivos anuales en dos tipos de agroecosistemas de la Región Pampeana Argentina. *Congreso Lationamericano de Agroecología*. La Plata.
- Iermanó, M., & Sarandón, S. (2016). Rol de la agrobiodiversidad en sistemas mixtos familiares de agricultura y ganadería pastoril en la región pampeana argentina: su importancia para la sustentabilidad de los agroecosistemas. *Revista Brasileira de Agroecología*, 11(2), 94-103.
- Iglesias, J. (2011). Sistemas de producción agroforestales. Capacitación y análisis en: “conceptos generales y definiciones”. *Revista Sistemas de producción agroecológica*, 2(1), 151-176.
- IPCC. (2006). Tierras forestales. *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, 4(4), 1-93.
- Jadán, O., Torres, B., Selesi, D., Peña, D., Rosales, C., & Gunter, S. (2016). Diversidad florística y estructura en cacaotales tradicionales y bosque natural (Sumaco, Ecuador). *Colombia Forestal*, 19 (2), 5-18.
- Kizilaslan, H. (2009). Input-output energy analysis of cherries production in Tokat Province of Turkey. *Applied Energy*, 86(7-8), 1354-1358.
- Magurran, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey: Princeton University Press.
- Magurran, E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Mandal, K., Saha, K., Ghosh, P., Hati, K., & Bandyopadhyay, K. (2002). Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. *Biomass & Bioenergy*, 23, 337- 345.

- Marín, M., Andrade, H., & Sandoval, A. (2016). Fijación de carbono atmosférico en la biomasa total de sistemas de producción de cacao en el departamento de Tolima, Colombia. *Revista U.D.C.A*, 19(2), 351-360.
- Martin, B., García, M., & Martínez, V. (2014). Energy and greenhouse-gas emissions in irrigated agriculture of SE. *Energy*, 77, 478-488.
- Mazzola, M., Kin, A., Morici, E., Babinec, F., & Tamborini, J. (2008). Efecto del gradiente altitudinal sobre la vegetación de las sierras de Lihue Calel (La Pampa, Argentina). *Boletín de la sociedad argentina de botánica*. 43(1-2), 103-119.
- McCain, C., & Arvid, J. (2010). *Elevation Gradients in Species Richness*. Encyclopedia of life sciences (ELS). John Wiley & Sons. Chichester, UK.
- McCarthy, J., Canziani, O., Leary, N., Dokken, D., & White, K. (2001). *Climate change: Impacts, adaptation and vulnerability*. Contribution of working group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Medrano, M., Hernández, F., Corral, S., & Nájera, J. (2017). Diversidad arbórea a diferentes niveles de altitud en la región del El Salto, Durando. *Revista mexicana de ciencias forestales*. 8(40), 57-68.
- Mejía, F., Yoplac, I., Bernal, W., & Castro, W. (2019). Evaluación de modelos de predicción de composición química y energía bruta de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) usando espectroscopía en infrarrojo cercano (NIRS). *Rev Inv Perú*, 30 (3), 1068-1076.

- Mendieta, M. (2007). *Sistemas Agroforestales*. Managua: Universidad Nacional Agraria.
- Montaño, R. (2006). *Tratamientos pregerminativos y sustratos en la germinación de copoasú (Theobroma grandiflorum (Willd. ex Spreng.) Schum.) y pacay (Inga edulis Martius)*. [Tesis de pregrado, Universidad mayor de San Andrés].
- Montemurro, F., Persiani, A., & Diacono, M. (2020). Cover Crop as Living Mulch: E. *Agronomy*, 10, 667.
- Montenegro, M; Lagos, T., & Vélez, J. (2016). Agrodiversidad de los huertos caseros de la región andina del sur de Colombia. *Revista de Ciencias Agrícolas*. 34(1), 50-63
- Morales, P. (2012). Muestras probabilísticas o aleatorias. Estadística Aplicada a Las Ciencias Sociales, 2–3.
- Morales, P., Cámara, L., Martínez, J., Sánchez, R., & Valdés, E. (2019). Diversidad, estructura y carbono de la vegetación arbórea en sistemas agroforestales de cacao. *Madera y Bosques*, 25(1), 5-13.
- Moreno, A., & Casas, A. (2008). Conservación de biodiversidad y sustentabilidad en sistemas agroforestales del valle de Tehuacán, México. *Revista Zonas Áridas de la Universidad Nacional Agraria La Molina*, 12 (1), 13-35.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 6-55 pp.
- Moreno, C., Barragán, F., Pineda, E., & Pavón, P. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista mexicana de Biodiversidad*, 28 (4), 1249, 1261.

- Mouron, P., Nemecek, T., Scholz, R., & Weber, O. (2006). Management influence on environmental impacts in an apple production system on Swiss fruit farms: Combining life cycle assessment with statistical risk assessment. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 144, 311- 322.
- Nava, D., Ruiz, J., Martínez, O., Merab, N., & Ruiz, F. (2019). Eficiencia energética y emisiones de gases de efecto invernadero en dos agroecosistemas en Oaxaca, México. *Revista Ingeniería Agrícola*, 9(2), 39-44.
- Nieto, C., Ramos, V., & Glarza, R. (2004). *Sistemas Agroforestales aplicables en la Sierra Ecuatoriana, Resultados de una década de experiencias de campo*. Quito-Ecuador: INIAP-PROMASA. Editorial Nueva Jerusalén.
- Ozkan, B., Akcaoz, H., & Karadeniz, F. (2004). Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. *Energy conversion & management*, 45, 1821-1830.
- Páliz, P. (2016). *Efecto de la altitud en el contenido de carbono orgánico en el suelo y hojarasca de la Reserva biológica Uyuca, Zamorano, Honduras. [Tesis de pregrado, Universidad Zamorano]*.
- Pando, S., & Rosados, M. (2002). Agroselvicultura, agroforestería, prácticas agroforestales, uso de múltiple: una definición y un concepto. *Cuadernos De La Sociedad Española De Ciencias Forestales*, 14, 9-21.
- Patiño, S., Suárez, L., Andrade, H., & Segura, A. (2018). Captura de carbono en biomasa en plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Armero-Guayabal, Tolima, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9 (2), 121-133.

- Pérez, D., & Grollums, A. (2018). Life-cycle energy assessment and carbon footprint of peri-urbanhorticulture. A comparative case study of local food systems in Spain. *Elsevier*, 37 (2), 231-256.
- Pérez, D., Soler, M., & Fernández, X. (2013). Energy analysis of organic Farming in Andalusia (Spain). *Aroecology and Sustainable Food Systems*, 32 (7), 231-256.
- Pérez-Neira, D., Soler, M., & Fernández, X. (2015). Sostenibilidad energética y viabilidad monetaria de los cultivos. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 144 (4), 15-26.
- Pimentel, D. (1980). *Handbook of energy utilization in Agriculture*. Boca Raton: CRC Press.
- Pimentel, D., & Pimentel, M. (2001). El uso de la energía en la agricultura; una visión general. *Leisa Magazine*. 21(1), 21-31.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2020). *Informe sobre la brecha en las emisiones del 2020. Resumen*. Nairobi.
- Ram, R., & Verma, A. (2015). Energy input, output and economic analysis in organic production of. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 85 (6), 83-88.
- Ram, R., & Verma, K. (2017). Energy input, output and economic analysis in organic production of guava. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 87 (4), 38-42.
- Rodríguez, I., Casimiro, L., Pérez, H., & García, R. (2020). Balance energético como indicador de sostenibilidad en sistemas de producción agrícola. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(3), 116-125.

- Roshetko, J., Delaney, M., Hairiah, K., & Pumomosidhi, P. (2002). Carbon stocks in Indonesian homegarden systems: Can smallholder systems be targeted for increased carbon storage? *American Journal of Alternative Agriculture*, 17 (2).
- Royan, M., Khojastehpour, M., Emadi, B., & Gashemi, H. (2012). Investigation on energy inputs for peach production using sensitivity analysis in Iran. *Energy conversion and management*, 64, 441-446.
- Salas, C., Montes, K., Sánchez, G., Alcívar, W., Murillo, A., Vera, F., Bolcato, D., Iglesias, S. Influencia del gradiente altitudinal sobre la estimación del carbono almacenado en la biomasa aérea viva y en suelos del “Bosque y vegetación protector El Artesan – EacuadorianHands”. Joa, Jipijapa. *Ecosistemas*. 29(2), 1-9.
- Salazar, L., Magaña, M., & Latournerie, L. (2015). Importancia económica y social de la agrobiodiversidad del traspatio en una comunidad rural de Yucatán, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 12 (1), 1-14.
- Salvador, P., Cámara, L., Martínez, J., Sánchez, R., & Valdés, E. (2019). Diversidad, estructura y carbono de la vegetación arbórea en sistemas agroforestales de cacao. *Revista Madera y Bosques*, 25(1), 1-14.
- Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). Metodología de la Investigación. (6ª ed). McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Sarauskis, E., Romaneckas, K., Jasinkas, A., Kimbirauskiene, R., & Naujokiene, V. (2020). Improving energy efficiency and environmental mitigation through. *Energy*, 209, 118453.

- Sellers, C., Corbelle, E., Buján, S., & Miranda, D. (2015). Morfología interpretativa de alta resolución con datos LIDAR en la cuenca del río Paute- Ecuador. *IERSE*, 30 (1), 131-180.
- Sol, A., López, S., Córdova, V., & Gallardo, F. (2018). Productividad potencial del SAF cacao asociado con árboles forestales. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4 (7), 862-877.
- Solano, D., Mora, J., & Duque, G. (2019). Ecuaciones alométricas para la estimación de la captura de carbono almacenado en árboles. *Agroforestería Neotropical* (9), 5-24.
- Somarriba, E., Suatune, P., Harvey, C., & Finegan, B. (2003). Composición florística y estructura de bosques y cacaotales en los territorios Indígenas de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 10 (1), 31-35.
- Sunwar, S. (2004). Does Shannon-Weaver Index the Species Diversity in Home Gardens? Pokhara, Nepal: LI-BIRD Biodiversity.
- Swanton, C., Murphy, S., Hume, D., & Clements, D. (1996). Recent Improvements in the Energy Efficiency of Agriculture: Case Studies from Ontario, Canada. *Agricultural Systems*, 52, 399-418.
- Terán, E., & Guzmán, R. (2010). Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. *Revista Forestal Iberoamericana*, 1(1), 3-10.
- Timoteo, K., Remuzgo, J., Valdivia, L., Sales, F., García, D., & Abanto, C. (2016). Estimación de carbono almacenado en tres sistemas agroforestales durante el primer año de instalación en el departamento de Huánuco. *Folia Amazónica*, 25(1), 45-54.

Tinoco, L., Díaz, A., Congo, C., Vargas, Y., & Caicedo, C. (2019). Eficiencia energética del cultivo *Theobroma cacao* L. en sistemas Agroforestales Amazónicos del Ecuador. *Memorias del Primer Simposio Internacional Innovaciones Tecnológicas para Fortalecer la Cadena de Cacao en la Amazonía Ecuatoriana* (págs. 19-22). La Joya de los Sachas, Orellana, Ecuador: INIAP.

Universidad del Azuay (2008). Instituto de estudios de régimen seccional del Ecuador.

Urta, R., & Ibarra, J. (2018). Estado del conocimiento sobre huertas familiares en Chile: Agrobiodiversidad y cultura en un mismo espacio. *Etnobiología*, 16(1), 31-46.

Verdezoto, V., & Viera, J. (2018). Caracterización de Sistemas de Producción Agropecuarios en el proyecto de riego Guarguallá-Licto. *Ciencia y Tecnología*, 11 (1): 45-53.

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*) [*Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato*].

Villareal, H., Álvarez, S., Córdova, F., Escobar, G., Fagua, G., Gast, F., . . . Umaña, A. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de Biodiversidad*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Zanne, A., Chave, J., Coomes, D., Jansen, S., Lewis, S., & Swenson, N. (2019). Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters*, 12, (351-266).

11. ANEXOS

Anexo 1

Datos de los propietarios de los sistemas agroforestales de la microcuenca del río Cutilcay.

Microcuenca baja				
Número	Nombre	Altitud	X (UTM)	Y (UTM)
1	Lino Rea	2359	747561	9696513
2	Maria Barahona	2278	747852	9693720
3	Mesías Alvarez	2269	748189	9693770
4	Raul Mendieta	2554	747786	9699073
5	Flora Prieto Cabrera	2568	747531	9698622
6	Pablo Riera	2547	747602	9700949
7	Guido Rojas	2438	747816	9698565
8	Alicia Escando Prieto	2540	747787	9698598
9	Segundo Prieto	2538	747913	9698734
10	Maria Méndez	2351	747637	9696421
11	Carlos Jacinto Barahona	2353	747587	9696436
12	Enrique Pacheco	2353	747587	9696436
13	Marco Pacheco	2313	747868	9695317
14	Marlene Suarez	2309	747855	9695405
Microcuenca media				
1	Juan Pablo León	2695	747706	9697760
2	Salomón León	2685	747648	9097844
3	Rosario León	2606	747537	9697759
4	Cesar Méndez	2635	747478	9697663
5	Betzabeth Zeas	2717	747422	9697797
6	GAD Bulán	2707	747456	9697755
7	Lilian Rea	2715	747468	9697877
8	Alejandro Escandón	2748	747508	9697920
9	Leticia Abad	2587	747606	9698050
10	Antonio Escandón	2581	747559	9698092
11	Segundo Rea	2634	747543	9698122
12	Bolívar Escandón	2614	747592	9698204
13	Mercedes Prieto	2635	747592	9698204
14	Antonio Escandón	2731	747558	9698237
15	José Luis Orellana	2721	747606	9698234
16	Tomas Delgado	2672	747800	9698541
17	Azucena León	2678	747750	9698515
18	Manuel Delgado	2669	747765	9698349
19	Patricio Segarra	2627	747896	9698170
20	Justo Segarra	2623	747909	9698233
21	Blanca Segarra	2613	747836	9698266
22	Rosa Segarra	2573	747852	9698210

UCUENCA

23	Victor Chiqui	2640	747948	9698187
24	Angel Segarra	2647	747959	9698070
25	Luis Olmedo Segarra	2627	74792	9698071
26	Rolando Segarra	2745	747962	9698068
27	Nelly Segarra	2630	747905	9698040
28	Jorge Abad	2675	747891	9698044
29	Alberto León	2608	747854	9698117
30	Segundo Rea	2598	747819	9698086
31	Miguel Méndez	2613	747694	9698831
32	Leonor Abad	2659	747674	9698900
33	Tito Calle	2700	747858	9698803
34	Luis Suarez	2676	747781	9698890
35	Carlos Amón	2582	747707	9699002
36	Marcia Escandón	2571	747775	9698789
37	Miguel Escandón	2580	747737	9699010
38	Carlos Chiqui	2744	747706	9699418
39	Victo Zeas Delgado	2578	747879	9698815
40	Mariana Abad Delgado	2585	747712	9698877
41	Román Orellana	2616	747783	9699004
42	Carmen Bautista	2676	747586	9700923
43	Antonio Delgado	2605	747405	9698344
44	Edgar Manuel Segarra	2631	747758	9698796
45	Transito Prieto	2604	747679	9700172
46	Manuel Horacio Barrera	2674	747611	9700534
47	Luis Enrique Campoverde	2657	747200	9698551
48	Heriberto Lozada	2695	747602	9700949
49	Maria León	2648	747848	9698082
50	Juan Pacheco	2684	747602	9700886
51	Angel Rojas	2645	747836	9698266
52	Jose Salvador Rojas	2663	747706	9698710
53	Marco Rene Escandón	2597	747852	9698210
54	Walter Barrera		747852	9698210
		2760		
55	Selcio Orellana		747852	9698210
		2720		
Microcuenca alta				
1	Juan Efraín Caguana	2921	744855	9698829
2	Antonio Rojas	2914	745849	9698350
3	Luisa Rojas	2938	745875	9698401
4	Pedro Rojas	2869	746316	9698088
5	Braulio Méndez	2878	746510	9697954
6	Manuel Abad	2876	746880	9698031

Anexo 2

Diseño de la encuesta aplicada

ENCUESTA EFICIENCIA ENERGETICA		
Parroquia Bulán	Sector:	
# de finca:	Datum (UTM)	
Propietario:	X:	
Fecha:	Y:	

a. ¿Cuál es la cantidad producida de cultivos de ciclo corto, fruta o pasto total y mensualmente y cuál es el precio promedio de las mismas?

Hortaliza, Fruta, Pasto.	Total (Kg)	Venta (Kg)/mes	Cantidad de meses	Precio/kg
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

b. ¿Cuál es la cantidad y costo mensual de insumos agrícolas que ocupa en la producción de cultivos de ciclo corto, fruta o pasto?

Insumo	Cantidad Kg	Precio
Fertilizantes orgánicos		
A		
B		
C		
Fertilizantes sintéticos		
A		
B		
C		
Agroquímicos		
A		
B		
C		
Semillas		
A		
B		
C		
Plántulas		
A		

c. ¿Cuál es la cantidad (h), por la utilización de herramientas o equipos agrícolas que utiliza para la agricultura o ganadería?

Herramienta	Cantidad (horas)
Tractor	
Yunta	

d. ¿Cuál es la cantidad y costo mensual de los servicios básicos de su finca?

Servicio	Cantidad	Precio
Agua potable		
Agua de riego		
Luz		

e. ¿Cuál es el capital invertido en su producción de cultivo de ciclo corto, fruta o pasto?

\$

f. ¿Contrata jornales para la producción de hortalizas, fruta o pasto? ¿Cuál es el salario promedio de un jornal?

SI	NO	Precio
Numero de Jornales		
Cantidad de días		

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

Tipo de Transporte	Cantidad de veces por semana	Precio total
Propio		
Alquilado		
Comerciantes		

h. ¿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.)	

i. ¿Cuántas personas integran su familia?

--

Anexo 3

Delimitación de las parcelas de muestreo



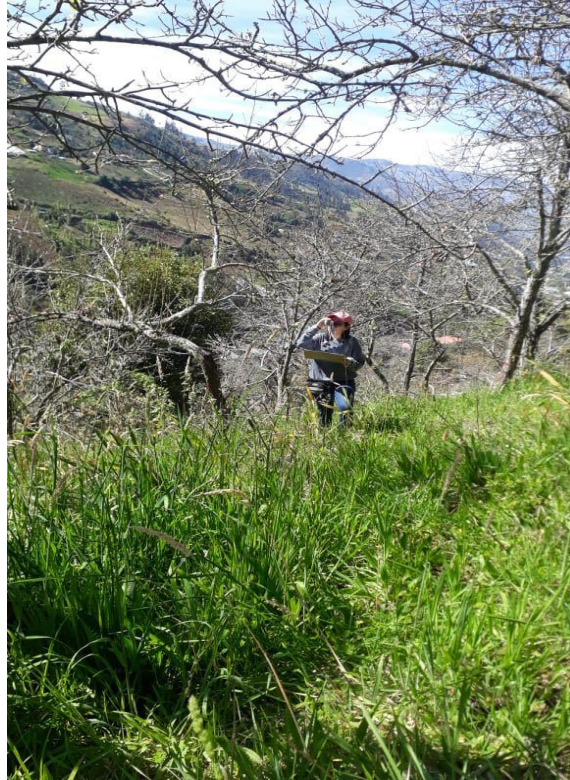
Anexo 4

Delimitación de las parcelas de muestreo



Anexo 5

Medición de variables dasométricas: Altura



Anexo 6

Medición de variables dasométricas: diámetro a la altura del pecho (DAP)



UCUENCA

Anexo 7

Entrevista a los propietarios de las fincas de la microcuenca del río Cutilcay.



Anexo 8

Sistemas agroforestales de la microcuenca del río Cutilcay.



UCUENCA

Anexo 9

Sistemas agroforestales de la microcuenca del río Cutilcay.



Anexo 10

Sistemas agroforestales de la microcuenca del río Cutilcay.



Anexo 11

Sistemas agroforestales de la microcuenca del río Cutilcay.

