



DEPARTAMENTO DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL V VERSIÓN

DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN PARA EL MANEJO INTEGRADO DE LA MATERIA ORGÁNICA MEDIANTE EL USO DE BIOCHAR EN LA CUENCA DEL RIO MACHÁNGARA

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Magíster en Gestión
Ambiental**

AUTORES:

ISMAEL SEBASTIÁN MERCHÁN VÉLEZ

RAFAEL STALIN PERALTA JIMÉNEZ

DIRECTOR:

Dr. VINICIO ESTUARDO SANTILLÁN RODRÍGUEZ

CUENCA, ECUADOR

2020

DEDICATORIA

Para lograr alcanzar una meta siempre es necesario el apoyo de tus seres queridos; por esta razón el presente trabajo es dedicado para quienes han estado conmigo en el día a día, brindándome comprensión, ánimos y apoyo, como son mi esposa Karol, mi hijo Matías, mi padre Rolando y mi madre Irene, de igual manera para mis hermanos Paul y Juanes y demás familiares que siempre han estado a lado mío y sé que se sienten feliz de mi meta alcanzada.

Ismael

Dedico este trabajo con todo mi corazón y afecto a Dios, y a mi familia por su apoyo incondicional.

A mi esposa Doris que estuvo a mi lado y me acompañó durante todo mi trabajo.

A mi hija Amelia mi mayor inspiración.

A los amigos y compañeros que me compartieron sus conocimientos, experiencias y me brindaron su ayuda.

Rafael

AGRADECIMIENTOS

Al Director de Tesis, el Dr. Vinicio Santillán, por su tiempo, sus conocimientos y las enseñanzas brindadas en el transcurso de la elaboración del presente trabajo.

Al herbario de la Universidad del Azuay de manera especial a la Blga. Mayra Jiménez y al Blgo. Danilo Minga, por la apertura brindada con los registros de la flora de la zona de estudio.

Al laboratorio de limnología de la Universidad del Azuay, de manera especial al Dr. Edwin Zarate por su aporte en el desarrollo de la presente investigación.

Al departamento de posgrados de manera especial al Blgo. Juan Manuel Aguilar por el apoyo brindado en la recta final de todo este proceso de estudio.

RESUMEN

El biochar es un carbón fino y altamente poroso, capaz de generar cambios positivos en las propiedades y calidad de los suelos. Su producción viene de la pirolisis o combustión de la biomasa en condiciones de baja temperatura y oxigenación. En la presente investigación se diseñó un modelo de gestión ambiental basado en el uso de la tecnología biochar para el aprovechamiento de la biomasa arbórea existente en la cuenca del río Machángara ubicada al noroeste de la ciudad de Cuenca. La alternativa diseñada se articuló al plan de manejo integral de la cuenca del río Machángara a través de programas compatibles con la propuesta. El estudio se desarrolló en tres etapas: diagnóstico biofísico y socioeconómico, estimación de la biomasa disponible mediante el uso de sensores remotos y por último el diseño del programa de gestión. Los resultados muestran una gran potencialidad de la cuenca respecto a la disponibilidad de la biomasa, siendo un factor favorable para la implementación del modelo de gestión propuesto.

Palabras clave: gestión ambiental, biochar, biomasa, suelo, alternativa de gestión, río Machángara.

ABSTRACT

Biochar is a fine and highly porous carbon, capable of generating positive changes in the properties and quality of soils. Its production comes from the pyrolysis or combustion of biomass in conditions of low temperature and oxygenation. In this research, an environmental management model was designed based on the use of biochar technology to take advantage of the existing tree biomass in the Machángara River basin located northwest of Cuenca. The designed alternative was articulated with the comprehensive management plan for the Machángara River basin through programs compatible with the proposal. The study was developed in three stages: biophysical diagnosis, estimation of the available biomass through the use of remote sensors and finally the design of the management program. The results show a great potential of the basin regarding the availability of biomass, resulting in a favorable factor for the implementation of the proposed management model.

Keywords: environmental management, biochar, biomass, soil, alternative management, Machángara river.

Traslated by



Ismael Merchán V.



Rafael Peralta J.

INDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	9
2. MATERIALES Y MÉTODOS	12
2.1 Área de estudio	12
2.2 Fase de diagnóstico – caracterización del área de estudio	13
2.2.1 Caracterización física	13
2.2.2 Caracterización biótica	14
2.2.3 Caracterización socio-económica	14
2.3 Zonificación, determinación y disponibilidad de biomasa	15
2.3.1 Variables biofísicas.....	15
2.3.2 Hojarasca potencial total	16
2.3.3 Hojarasca potencial disponibilidad	16
2.4 Proceso de desarrollo de la propuesta de gestión basada en el aprovechamiento de la biomasa..	16
3. RESULTADOS.....	18
4. DISCUSIÓN	27
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	29
6. REFERENCIAS	30
7. ANEXOS	33
Anexo 1: Información Biofísica y socio-económica de la cuenca del río Machángara, obtenida de diversos estudios de campo que han sido realizados en la zona de estudio.....	33
Anexo 2: Valores de hojarasca y sus coordenadas en la cuenca del río Machángara.	53
Anexo 3: Valores medios de hojarasca y sus coordenadas en la microcuenca del río Machángara Alto.	53
Anexo 4: Valores medios de hojarasca y sus coordenadas en la microcuenca del río Machángara Bajo	54
Anexo 5: Valores medios de hojarasca y sus coordenadas en la microcuenca del río Chulco.....	54
Anexo 6: Modelo de gestión para el manejo integrado de la materia orgánica mediante el uso de biochar en la cuenca del río Machángara.	55

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componente Físico: Cuenca del río Machángara.....	33
Tabla 2. Caracterización hídrica: Cuenca del río Machángara.....	34
Tabla 3. Extensión y organización territorial: Cuenca del río Machángara.....	35
Tabla 4. Componente Social: Cuenca del río Machángara.....	36
Tabla 5. Nivel Socio-económico: Cuenca del río Machángara.....	36
Tabla 6. Componente Biótico: Cuenca del río Machángara.....	37
Tabla 7. Componente Biótico - Biodiversidad: Cuenca del río Machángara.....	38
Tabla 8. Componente Biótico - Biodiversidad: Cuenca del río Machángara.....	38
Tabla 9. Componente Biótico - Biodiversidad: Cuenca del río Machángara.....	39
Tabla 10. Componente Biótico- Biodiversidad: Cuenca del río Machángara.....	39
Tabla 11. Zonificación y actividades de planificación: Cuenca del río Machángara.....	41
Tabla 12. Servicios ambientales: Cuenca del río Machángara.....	42
Tabla 13. Identificación de actores : Cuenca del río Machángara.....	43
Tabla 14. Plan de gestión integral: Cuenca del río Machángara.....	44
Tabla 15. Problemática: Cuenca del río Machángara.....	45
Tabla 16. Ubicación de las estaciones de muestreo de avifauna dentro del área de influencia de la Complejo Hidroeléctrico Machángara (DATUM PSAD56).....	46
Tabla 17. Listado de especies registradas dentro del área de influencia del Complejo Hidroeléctrico Machángara, en las diferentes estaciones de muestreo - 2019.....	46
Tabla 18. Ubicación de transectos, trampas Sherman y redes de neblina instalados para el registro de mamíferos en el área de influencia del Complejo Hidroeléctrico Machángara.....	49
Tabla 19. Mastofauna de la cuenca del Machángara.....	50
Tabla 20. Ubicación de las zonas de muestreo de herpetofauna.....	50
Tabla 21. Coordenadas de ubicación de transectos y resultados de flora y vegetación.....	51
Tabla 22. Abundancia de familias botánicas en el registro total de especies.....	52
Tabla 23. Monitoreos de vegetación en la cuenca media y alta.....	52

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuenca del río Machángara ubicada al sur del Ecuador.....	13
Figura 2. Programas y proyectos del plan de manejo integral de la cuenca del río Machángara.....	17
Figura 3. La microcuenca con mayor porcentaje de ocupación es la del río Machángara Alto.....	18
Figura 4. Clasificación de los ecosistemas de la cuenca del río Machángara.....	19

Figura 5. Ocupación del suelo en la cuenca del Machángara.	19
Figura 6. Distribución de flora según los puntos de monitoreo en la zona de influencia del complejo hidroeléctrico de la empresa ELECAUSTRO S.A.	20
Figura 7. Abundancia de especies localizadas en los puntos de monitoreos correspondientes a zonas arbustivas y zonas de bosque del complejo hidroeléctrico Machángara	21
Figura 8. Análisis socioeconómico de los habitantes de la cuenca del río Machángara.....	22
Figura 9. a) Google Earth imagen 2020, la línea cortada roja muestra la cuenca del Machángara, b). NDVI media de la imagen Landsat 7 TM, imagen con corrección radiométrica y topográfica, polígonos dentro de la cuenca representan los bosques generados por el MAE 2012.	23
Figura 10. Hojarasca potencial (Mg.m-1.año-1, Megagramos por unidad de área [900m ²], en el tiempo [año]) a) en la cuenca del rio Machangara, b) hojarasca potencial en la cuenca del rio Alto, c) hojarasca potencial en la cuenca del rio Bajo, d) hojarasca potencial en la cuenca del rio Chulco.	23
Figura 11. Rango de datos de hojarasca potencial. Muestra los valores mínimos y máximos los cuartiles Q1, Q2 y Q3 y el rango intercuartílico.....	24
Figura 12. Articulación del diseño de gestión propuesto con el plan de manejo integral de la cuenca del río Machángara.	25
Figura 13. Proceso del diseño de la propuesta de gestión ambiental sostenible basada en el aprovechamiento de la biomasa.	26
Figura 14. Actores clave que interactúan en la cuenca del rio Machángara.	55
Figura 15. El modelo de gestión propuesto se pretende articular al plan de manejo integral de la cuenca del Machángara	58
Figura 16. Aspectos (entradas y salidas) que deben ser considerados para la articulación del modelo de gestión propuesto con los proyectos del programa de ecología	59
Figura 17. Aspectos (entradas y salidas) que deben ser considerados para la articulación del modelo de gestión propuesto con el proyecto del programa de difusión y comunicación social.....	59
Figura 18. Aspectos (entradas y salidas) que deben ser considerados para la articulación del modelo de gestión propuesto con el proyecto del programa de educación ambiental.	60
Figura 19. Aspectos (entradas y salidas) que deben ser considerados para la articulación del modelo de gestión propuesto con los proyectos del programa de relaciones comunitarias.....	60
Figura 20. Proceso para la implementación del modelo de gestión basado en la tecnología biochar.....	61
Figura 21. Ejes estratégicos del modelo de gestión propuesto para el aprovechamiento de la biomasa vegetal de la cuenca del río Machángara.	62

Ismael Sebastián Merchán Vélez
Rafael Stalin Peralta Jiménez
Trabajo de Graduación
Vinicio Estuardo Santillán Rodríguez
Diciembre, 2020

Diseño de un modelo de gestión para el manejo integrado de la materia orgánica mediante el uso de biochar en la cuenca del río Machángara

1. INTRODUCCIÓN

Las cuencas hidrográficas son territorios delimitados naturalmente por la línea de las cumbres o también llamada línea divisoria de aguas donde todos los procesos socioecológicos son intrínsecos y están ligados entre sí (Cotler et al., 2013). Los ecosistemas de montaña, proporcionan el sustento directo a las personas que viven en estas zonas y benefician indirectamente a aquellas que habitan aguas abajo especialmente por la dotación del recurso hídrico, el suministro de energía y la producción de alimentos (FAO, 2017). El manejo de estas zonas comprende un proceso de planeación, implementación y evaluación de acciones que involucra la participación organizada e informada de sus actores (Cotler et al., 2013). Las zonas media y alta de las cuencas hidrográficas son de importancia estratégica debido a la biodiversidad que albergan y a los múltiples servicios ambientales que ofrecen en beneficio de los seres humanos (Avendaño Leadem et al., 2020).

El uso de los recursos naturales se regula administrativamente separando el territorio por cuencas hidrográficas. La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (2014), define en el Ecuador 9 demarcaciones hidrográficas, entre ellas está la demarcación del Santiago ubicada al sur del país. Una de las principales cuencas del Santiago es la del río Paute que a su vez agrupa varias subcuencas de entre las que destacamos la del río Machángara motivo del presente estudio. La cuenca del río Machángara forma parte del Macizo del Cajas declarado por la UNESCO en el año 2013 como una de las Reservas de Biósfera del Ecuador (MAE & GIZ, 2017).

La gestión de una cuenca hidrográfica representa un verdadero desafío ambiental, en donde lo esencial es lograr el uso y el manejo apropiado de los recursos naturales, para mantener un equilibrio entre el crecimiento económico, la sostenibilidad integral y el mejoramiento de la calidad de vida de la población (Jiménez Otárola & Benegas Negri, 2019). La cuenca del río Machángara brinda importantes servicios a la población cuencana que se producen a partir del aprovechamiento del recurso hídrico. Las desigualdades de riqueza entre los diferentes actores sociales de la cuenca están estrechamente

vinculadas con el acceso al agua en cantidad y calidad. Por ello es importante una planificación territorial apropiada y la gestión integral de los recursos para controlar problemas de suministro de agua para consumo humano, producción de alimentos y el uso recreativo e industrial (ETAPA EP, 2020).

En la cuenca del río Machángara, la empresa Electro Generadora del Austro ELECAUSTRO S.A. posee en la parte alta dos represas la de Chanlud y El Labrado que le permiten generar energía hidroeléctrica en las centrales de Saucay y Saymirín. Por su parte la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca ETAPA EP, mediante la planta de tratamiento de agua potable de Tixán, abastece del líquido vital a una considerable parte de la población cuencana. A través de canales, el agua es usada para el riego de miles de hectáreas destinadas a la producción agroecológica de alimentos (Comité de Conservación de la cuenca del río Machángara, 2018). Además, dentro del área de la cuenca del Machángara se presentan otras actividades económicas y productivas relacionadas al sector primario, secundario y terciario (MAE & GIZ, 2017).

La cuenca del río Machángara a pesar de contar con un completo plan de gestión integral y un fortalecido comité conformado por actores institucionales y locales para el manejo y conservación de su territorio, es un espacio geográfico que no está libre de presiones antrópicas y problemas ambientales que afectan la calidad de sus recursos naturales (ACOTECNIC CIA LTDA, 2016). Los problemas trascendentales que afronta la cuenca tienen que ver con el crecimiento demográfico que cada vez demanda mayor cantidad de recursos para satisfacer las necesidades de la población. El uso irracional de los recursos producido por el parcelado de terrenos con cobertura vegetal nativa deja sin su hábitat a las especies de la zona y provoca la pérdida de biodiversidad (MAAE, 2020). Los incendios forestales que mayoritariamente son provocados de manera intencional por algunos pobladores locales para aprovechar el rebrote de vegetación con el fin de alimentar al ganado o para incrementar sus parcelas de cultivo (Comité de Conservación de la cuenca del río Machángara, 2018). El cambio climático con todos sus efectos a nivel mundial que puede afectar el balance hídrico (lluvias intensas, periodos de sequía más prolongados, heladas e inundaciones), son circunstancias que perturban las condiciones ecológicas de la cuenca (Peters et al., 2019).

Las comunidades que usan el suelo como fuente de trabajo están en la necesidad de conocer nuevos procesos que les permita mejorar su productividad sin que esto implique repercutir en la degradación de este recurso, garantizando la sostenibilidad del mismo (Escalante et al., 2016). Las actividades agropecuarias, son por lo general los principales precursores del cambio de uso de suelo al ir sustituyendo las áreas de vegetación nativa por pastos y cultivos para el desarrollo de monocultivos y ganadería extensiva con la aplicación de fertilizantes que causan la toxicidad de los suelos y la contaminación de las fuentes hídricas por lixiviación (Muñoz & Galicia, 2018). La carencia de recursos económicos en las

comunidades de las partes media y alta de las cuencas hidrográficas para invertir en el mejoramiento y conservación de sus tierras. La dificultad de acceso a tecnologías de producción costosas, impide que pongan en práctica actividades agrícolas sostenibles, no invasivas con el medio ambiente. Esto obliga a tener que migrar los cultivos hacia nuevas parcelas ubicadas en áreas sensibles (páramos, bosques nativos, etc.), generando un cíclico proceso de degradación ambiental. En la cuenca media y alta de río Machángara se generan continuamente importantes procesos de cambio de uso de suelo causados por la necesidad de contar con áreas de pasto y cultivos que sustenten la economía familiar. Estos procesos no sostenibles y el uso inadecuado del suelo provocan el decremento de ecosistemas frágiles de la cuenca y amenazan el bienestar humano y su calidad de vida (Díaz Granda, 2017).

La presente investigación plantea una propuesta estratégica que pueda ser articulada al plan de gestión existente. Esta propuesta se basa en el uso de biochar como una herramienta de gestión económica y sostenible que puede ser aplicada en la cuenca del río Machángara para convertir la materia orgánica en un potenciador natural del suelo y contribuir a la conservación del recurso hídrico. El biochar es una estrategia interesante capaz de generar cambios positivos en las propiedades de los suelos y mejorar su calidad (Escalante et al., 2016). Este proceso genera un carbón fino y altamente poroso que ayuda a los suelos a retener nutrientes y agua. También mejora la calidad y cantidad del agua al aumentar la retención de nutrientes y agroquímicos en el suelo para la utilización de plantas y cultivos. Más nutrientes permanecen en el suelo en lugar de filtrarse al agua subterránea y causar contaminación (International biocar initiative, 2020).

La tecnología biochar resulta accesible a la comunidad local debido a que su producción no es compleja ni costosa y utiliza como materia prima la biomasa vegetal. Su empleo en actividades agrícolas puede conducir al incremento de la productividad de los cultivos y así mitigar la expansión agrícola. El avance de la frontera agrícola es una práctica común que los propietarios de los terrenos de la cuenca media y alta, la realizan una vez que sus parcelas han perdido su capacidad productiva y buscan nuevos espacios para cultivar o ubicar a su ganado (Díaz Granda, 2017). En la actualidad, el biochar ha sido identificado como una herramienta para luchar contra el cambio climático y a la vez mejorar la fertilidad del suelo, permitiendo que pequeños agricultores puedan aumentar el rendimiento de los cultivos en tierras anteriormente degradadas y permite la reducción del uso de fertilizantes (Escalante et al., 2016). El biochar es resistente a la degradación y puede secuestrar carbono en el suelo durante cientos o miles de años (International biocar initiative, 2020).

El objetivo de la presente investigación es generar un modelo de gestión que pueda ser implementado por las comunidades e instituciones de gobierno de la cuenca del río Machángara mediante el uso de biochar de la biomasa (hojarasca y restos vegetales) generada en los bosques de la cuenca hídrica como una

alternativa productiva que contribuya al mantenimiento integral de las condiciones ecológicas de la microcuenca. Propuesta de gestión que ha sido desarrollada a partir de una investigación documental a través de la cual se recopiló, analizó y procesó la información y datos existentes del área de estudio para establecer un diagnóstico socioeconómico y biofísico relevante de la situación actual de la cuenca. La determinación de la biomasa y la cantidad disponible de hojarasca fue estimada mediante el uso de sensores remotos (Zheng et al., 2004) y de lineamientos establecidos en información disponible al respecto (Lonsdale, 1988). Finalmente, se plantea el programa de gestión ambiental con los mecanismos para materializar su ejecución en base a estrategias de coordinación, seguimiento y evaluación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

El área de la cuenca del río Machángara está ubicada en el austro ecuatoriano, al noroeste de la ciudad de Cuenca y se encuentra dentro de la unidad hidrográfica del río Santiago asociada a las cuencas que conforman el río Paute representando un 5% de esta zona. Su territorio forma parte de la reserva de biósfera Macizo del Cajas. La cuenca del Machángara tiene una superficie de 32544 hectáreas distribuidas en las parroquias Checa, Chiquintad, Sinincay, Sayausí, Octavio Cordero Palacios, Ricaurte y Sidcay del cantón Cuenca, provincia del Azuay; Gualleturo y San Antonio del cantón Cañar; Jerusalén y Nazón del cantón Biblián; Déleg del cantón Déleg en la provincia del Cañar (Figura 1). Posee un rango altitudinal que va desde los 2500 hasta los 4400 m.s.n.m. y su clima contempla temperaturas que pueden oscilar entre 2 y 16°C según la estación del año y las condiciones geográficas y climáticas a lo largo de la cuenca como latitud, altitud y localización (Comité de Conservación de la cuenca del río Machángara, 2018).

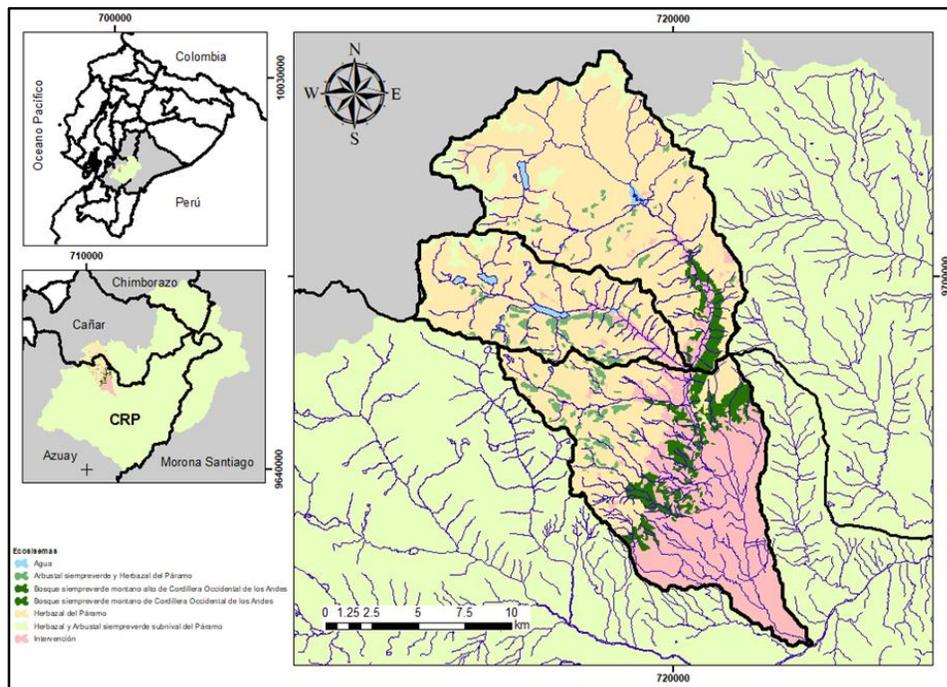


Figura 1. Cuenca del río Machángara ubicada al sur del Ecuador, su territorio está conformado por tres microcuencas y abarca parte de las provincias de Azuay (63%) y Cañar (37 %).

2.2 Fase de diagnóstico – caracterización del área de estudio

La caracterización general del área de estudio se la realizó mediante la selección, revisión, organización, sistematización y análisis de la información relevante de investigaciones, experiencias y documentos realizados con respecto a la cuenca del río Machángara. También, se identificaron los actores institucionales y civiles, se analizaron los programas y proyectos que contiene el Plan de Manejo Integral de la cuenca del Machángara para establecer los mecanismos que permitan la articulación del proyecto de gestión propuesto que se basa en el uso del biochar para el aprovechamiento de la biomasa vegetal disponible en esta zona (Díaz Granda, 2017). Una vez que se validó la información disponible, se utilizaron estos recursos para definir la parte física, biótica y socioeconómica del área de estudio. Aspectos que permitieron valorar la importancia de esta cuenca hídrica por los servicios ambientales que ofrece a sus habitantes (Avendaño Leadem et al., 2020).

2.2.1 Caracterización física

La caracterización física fue sintetizada en tablas de resumen que contienen toda la información destacada al respecto (Anexo 1), lo que facilitó la cuantificación de las distintas dimensiones del territorio relacionadas

con la ubicación geográfica, el rango altitudinal, la precipitación anual (ETAPA EP, 2020), la temperatura promedio, las pendientes, la geomorfología, los principales cuerpos hídricos e incluso la infraestructura con la que cuenta este espacio hidrográfico para el aprovechamiento del recurso hídrico (Comité de Conservación de la cuenca del río Machángara, 2018).

2.2.2 Caracterización biótica

Para establecer junto con el uso de sensores remotos la localización y cuantificación de la biomasa disponible, en la fase de diagnóstico se ha hecho énfasis sobre la información relacionada con los monitoreos y muestreos de la flora existente en la cuenca hídrica. La información biótica fue tomada de documentos técnicos como el plan de manejo integral de la cuenca del Machángara (Comité de Conservación de la cuenca del río Machángara, 2018), informes de monitoreos bióticos efectuados en la zona de influencia del complejo hidroeléctrico de la empresa ELECAUSTRO S.A. durante los años 2009, 2014 y 2020 (Neira et al., 2014 ; Zárata et al.,2020), investigaciones que hacen referencia a la diversidad vegetal del Ecuador (MAE, 2012) de fuentes como la del herbario de la Universidad del Azuay que dispone de inventarios de especies vegetales de esta zona. Debido a la extensa información de flora, se optó por considerar dentro del estudio a las especies más representativas según los inventarios levantados en investigaciones de campo (Minga et al. 2016). Las especies arbóreas de las diferentes microcuencas que se encuentran formando bosques serían posiblemente la principal fuente de materia prima para la elaboración del biochar.

2.2.3 Caracterización socio-económica

En referencia a la caracterización socio-económica, se consultó información que permitió identificar los principales asentamientos humanos de acuerdo a la división político administrativa de la zona de estudio (*Comité de Conservación de La Cuenca Del Río Machángara, 2020*) y se procedió a ordenar esta información en tablas (Anexo 1) para una mejor comprensión de la dinámica social. Además, se recurrió al análisis de un estudio realizado como parte de un trabajo de consultoría previa a la elaboración del plan de manejo integral para la cuenca, en el cual se verificó información cualitativa y cuantitativa que fue obtenida en el campo a través de técnicas como la observación, encuestas y entrevistas a los actores de la cuenca hídrica (ACOTECNIC CIA LTDA, 2016). De esta manera se determinó las actividades productivas de la población, la problemática ambiental y el nivel socio-económico de sus habitantes (Anexo 1). Aspectos que están directamente relacionados con la zonificación del espacio geográfico, la gestión del recurso hídrico y con el enfoque de planificación territorial.

2.3 Zonificación, determinación y disponibilidad de biomasa

El trabajo realizado contiene indicadores estadísticos medibles utilizados para estimar la cantidad neta de biomasa existente en la cuenca. Para ello se emplearon sensores remotos y sistemas de teledetección (imágenes satelitales, software GIS,) con los que se determinó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en base a la siguiente expresión: $NDVI = (NIR-Red) / (NIR+Red)$, donde **NIR** es luz infrarroja cercana y **Red** es luz roja visible. Se obtuvo la reflectancia espectral de la vegetación a través de diferentes bandas medidas por un sensor que indica la presencia y estado de los distintos tipos de cobertura vegetal. De esta forma se estableció los puntos de mayor concentración de biomasa asociados con la mayor producción de materia prima (hojarasca y restos vegetales) para la posible producción del biochar.

2.3.1 Variables biofísicas

El modelo digital del terreno (mdt) y la precipitación media anual (amp, bioclim-wordclim) fueron estandarizados mediante una interpolación bilineal a un pixel de 900 m² resultante de imágenes Landsat 7 TM compuestas, tomadas del Proyecto de Mapas Globales de Alta Resolución (Hansen et al. 2013). Las imágenes usadas corresponden al rango de años 1999 - 2012 (<http://earthenginepartners.appspot.com/ciencia-2013-global-forest>). Aunque las imágenes de este proyecto están pre-procesadas geográfica y atmosféricamente, fueron necesarias correcciones topográficas para mejorarlas. El mosaico de imágenes satelitales original fue obtenido y procesado por técnicos del laboratorio de limnología y monitoreo ambiental de la Escuela de Biología, Ecología y Gestión de la Universidad del Azuay, y están a cargo del director Edwin Zárate. Con este mosaico de imágenes se obtuvo el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). Además, se calculó ocho texturas a partir del NDVI (media, varianza, homogeneidad, contraste, disimilitud, entropía, segundo momento, correlación, Haralick 1979, Wallis et al. 2017). Finalmente, se escogió la media (determina el promedio de concurrencia, Haralick 1979), que visualmente mostraba mayor la variabilidad dentro del área de estudio.

El NDVI es usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja. Las plantas utilizan como fuente de energía la radiación solar en el proceso de fotosíntesis, lo que ocurre en la región espectral de la radiación fotosintéticamente activa (PAR, siglas en inglés). Las células de las hojas también han evolucionado para reemitir radiación solar en la región espectral del infrarrojo cercano (transporta aproximadamente la mitad de la energía solar entrante total). Por lo tanto, para calcular el NDVI se usan las mediciones de reflectancia espectral en las regiones roja (visible) e infrarroja cercana (NIR). Estas reflectancias espectrales son proporciones de la radiación reflejada sobre

la radiación entrante en cada banda espectral individualmente, por lo que toman valores entre 0.0 y 1.0 (NASA., 2000). Todos los análisis se realizaron con el software libre R 3.6.1 (R Core Team, 2019). Usamos el paquete raster para usar y manipular los archivos Tiff (Hijmans et al., 2020), el paquete rgdal para llamar los archivos tipo shape y transformar coordenadas (Bivand et al. 2020).

2.3.2 Hojarasca potencial total

Estimamos el total anual de producción de hojarasca (TLF) para la cuenca del Machángara, usando las ecuaciones desarrolladas por Lonsdale (1988) para los bosques alrededor del mundo. Específicamente usamos los dos mejores modelos para bosques tropicales, los cuales incluyen las elevaciones, y elevaciones más la precipitación, respectivamente. El TLF en los bosques tropicales se relaciona positivamente con la precipitación y negativamente con la elevación (Lonsdale 1988).

2.3.3 Hojarasca potencial disponibilidad

Calculamos la disponibilidad de hojarasca (LLF) de acuerdo a lo sugerido por Raich & Nadelhoffer (1989) y (Zheng et al. 2004). Basados en el NDVI media de la cuenca del Machángara, que tiene un rango entre 1.8 y 9.1, de capacidad fotosintética se estableció, por tanto, la absorción de energía por la cobertura arbórea. Esto incluye todos los desechos orgánicos depositados en el suelo, ramitas, cortezas, frutas, flores, nueces, cogollos y cuerpos de insectos, así como hojas (Zheng et al. 2004). Dos modelos lineales fueron corridos, el primero usando como variable de respuesta el TLF que fue calculado únicamente con las elevaciones (mdt), y luego usando el TLF obtenido con las elevaciones y la precipitación. Escogimos el modelo que incluye la elevación y precipitación que mejor se ajusta ($R^2 = 0.02$), que además presenta una mayor calidad relativa (AIC menor, Burnham & Anderson 2002). Finalmente, localizamos y calculamos la cantidad de LLF potencial asociada a los bosques presentes en la cuenca hidrográfica. Todos los análisis se realizaron con el software libre R versión 3.6.1 (Anexo 2).

2.4 Proceso de desarrollo de la propuesta de gestión basada en el aprovechamiento de la biomasa.

A partir del análisis de la información recopilada se realizó el diagnóstico socioambiental de la cuenca. A continuación, se procedió a estimar la cantidad de biomasa vegetal existente en las distintas zonas del área de estudio, considerando de manera primordial a las especies arbóreas más representativas (Anexo 1). Combinando esta información, se planteó una alternativa de gestión ambiental sustentada en el aprovechamiento de la biomasa a través del uso de la tecnología biochar. Debido a que la cuenca del río Machángara cuenta con un plan de manejo integral ya desarrollado, se procedió al análisis de su contenido: actores, problemas ambientales, políticas, estrategias, programas y proyectos (ACOTECNICIA LTDA, 2016)

El objeto de analizar el plan de manejo de la cuenca del río Machángara fue establecer los mecanismos o las rutas para integrar en el mismo la propuesta de gestión diseñada en el presente estudio. Como deducción de este análisis, se verificó que el plan de manejo de la cuenca dispone para su gestión integral de los programas: geología y geotecnia, hidrología y climatología, ecología, difusión y comunicación social, educación ambiental y el de relaciones comunitarias (Comité de Conservación de la cuenca del río Machángara, 2018). De los programas del plan de manejo integral existente, identificamos que cuatro de ellos cuentan con proyectos en los que es posible vincular el aprovechamiento del stock de biomasa como una alternativa para fortalecer la gestión ambiental de la cuenca hídrica. Para vincular nuestra propuesta se desarrollaron actividades estratégicas y metodológicas que permitieron acoplar la alternativa diseñada con los proyectos de los programas: ecología, difusión y comunicación social, educación ambiental y el de relaciones comunitarias (Figura 2). De esta manera, se consiguió desarrollar un modelo de gestión ambiental para el manejo integrado de la materia orgánica, el cual es compatible con los procesos del plan de manejo integral de la cuenca del río Machángara (Anexo 6).

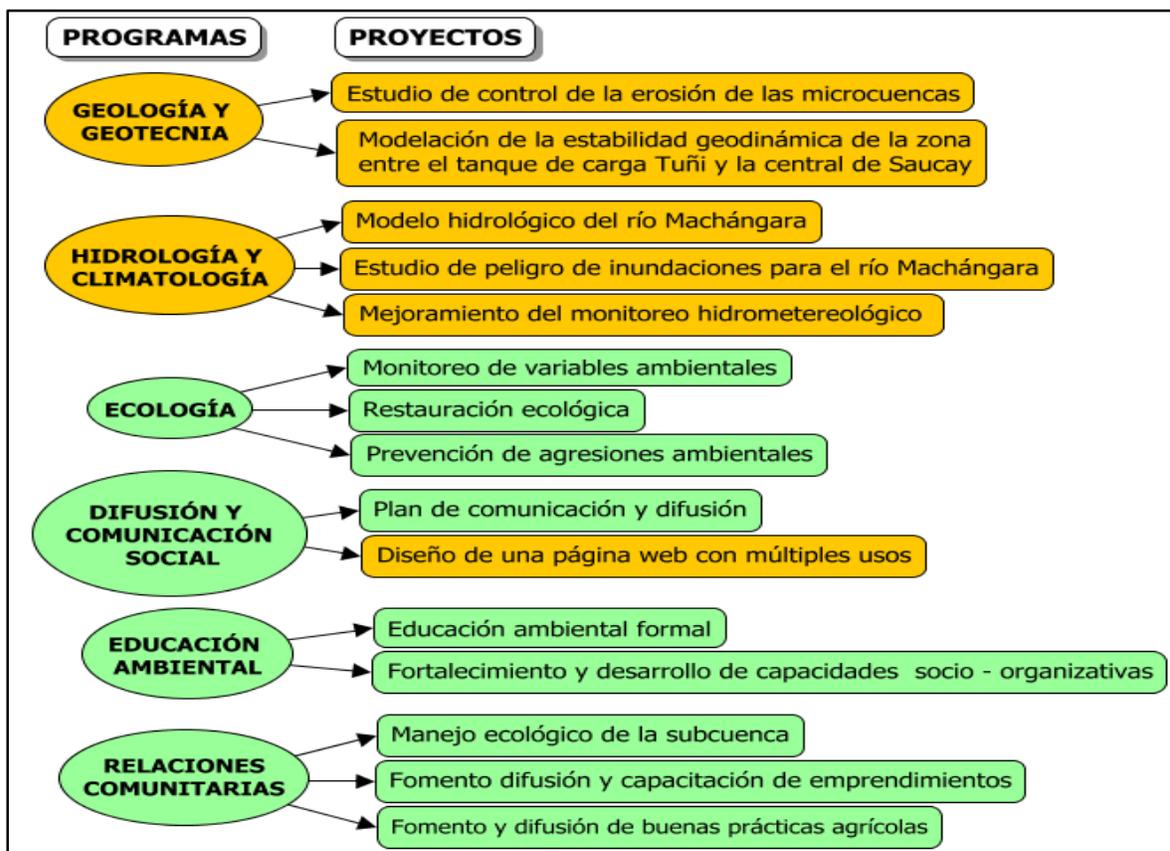


Figura 2. Programas y proyectos del plan de manejo integral de la cuenca del río Machángara. En color naranja los programas y proyectos que no fueron considerados para la incorporación de la alternativa de gestión con el uso de biochar. En color verde los programas y proyectos a través de los cuales se integró la alternativa de gestión planteada, mediante el desarrollo de actividades y estrategias de trabajo.

3. RESULTADOS

3.1 Concepción del territorio

A través del análisis y sistematización de la información generada para la cuenca del río Machángara (Figura 1), se logró la concepción física-biótica del territorio y de los procesos relacionados con la dinámica social y el desarrollo de la zona de estudio. Se trata de una cuenca hídrica que mantiene sus ecosistemas en buen estado de conservación y proporciona servicios ambientales esenciales para el bienestar humano, de manera especial a los habitantes de la ciudad de Cuenca (Comité de Conservación de la cuenca del río Machángara, 2018). Basándonos en la cartografía disponible del territorio, se conoció como están distribuidas las 32.544 ha que conforman la cuenca hidrográfica en parroquias y cantones de las provincias de Azuay y Cañar (Anexo 1). En esta cuenca, existe una gran red hídrica constituida por cuerpos de agua, lagunas, ríos y quebradas, la cual está dispuesta en tres microcuencas: río Machángara Alto (13.213,28 ha), río Chulco (6.579,62 ha) y la del río Machángara Bajo (12.735,14 ha) (Figura 3). La microcuenca del río Chulco es la de mayor jerarquización ambiental por su grado de conservación se encuentra en muy buenas condiciones con respecto a las otras dos microcuencas (Garzón & Landin, 2013). El 77% de superficie de la cuenca fue declarada por el Ministerio del Ambiente del Ecuador como área de Bosque y Vegetación Protectora Machángara-Tomebamba y cuenta con protección jurídica del Estado (MAE & GIZ, 2017).

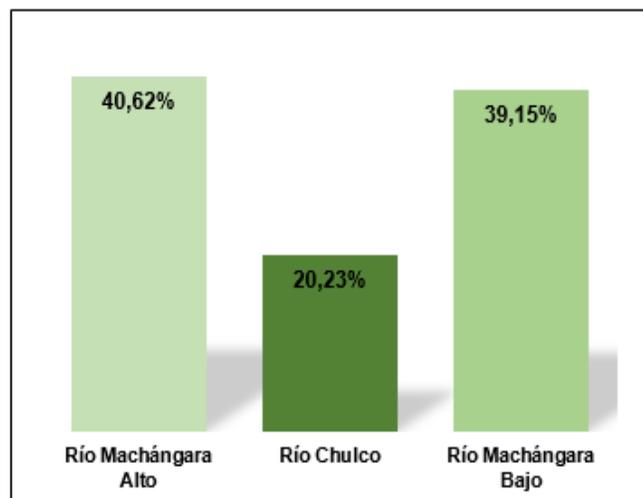


Figura 3. La microcuenca con mayor porcentaje de ocupación es la del río Machángara Alto. La de menor tamaño es la microcuenca del río Chulco; sin embargo, es la mejor conservada.

Los ecosistemas presentes y la cobertura vegetal expresan una interesante riqueza de especies vegetales que han tenido su origen gracias a las condiciones ecológicas naturales del lugar y por la influencia de la cordillera de los Andes (Garzón & Landin, 2013). La diversidad de las formaciones vegetales (MAE, 2012)

existentes en esta cuenca hidrográfica va desde especies pequeñas, sub-arbustos, arbustos, especies arbóreas nativas hasta especies introducidas (Anexo 1). Dentro de este análisis se verificó que el páramo es el ecosistema de mayor magnitud y es el lugar en donde se produce casi la totalidad del agua de la cuenca. El ecosistema de menor proporción dentro de la cuenca es el denominado bosque siempre verde montano de la cordillera occidental de los Andes (Figura 4).

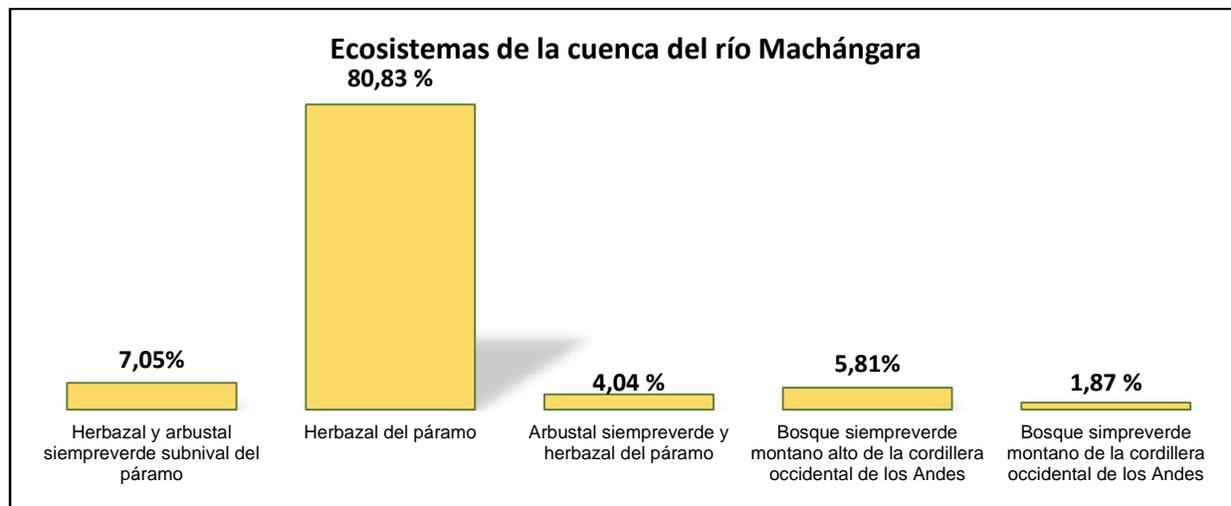


Figura 4. Clasificación de los ecosistemas de la cuenca del río Machángara. El Herbazal de páramo constituye el ecosistema que domina ampliamente dentro de la cuenca, está presente en zonas que van desde pendientes pronunciadas hasta valles. El bosque siempreverde montano de la cordillera occidental de los Andes es el ecosistema con menor presencia dentro de la cuenca.

Asimismo, se pudo identificar el área y el porcentaje que representan en la cuenca cada uno de los usos de suelo y que debido a la dinámica de actividades antrópicas sobre este recurso se han generado clases de cobertura no naturales, dando paso a mosaicos conformados por eucaliptos - matorrales – cultivos y pastos (Figura 5).

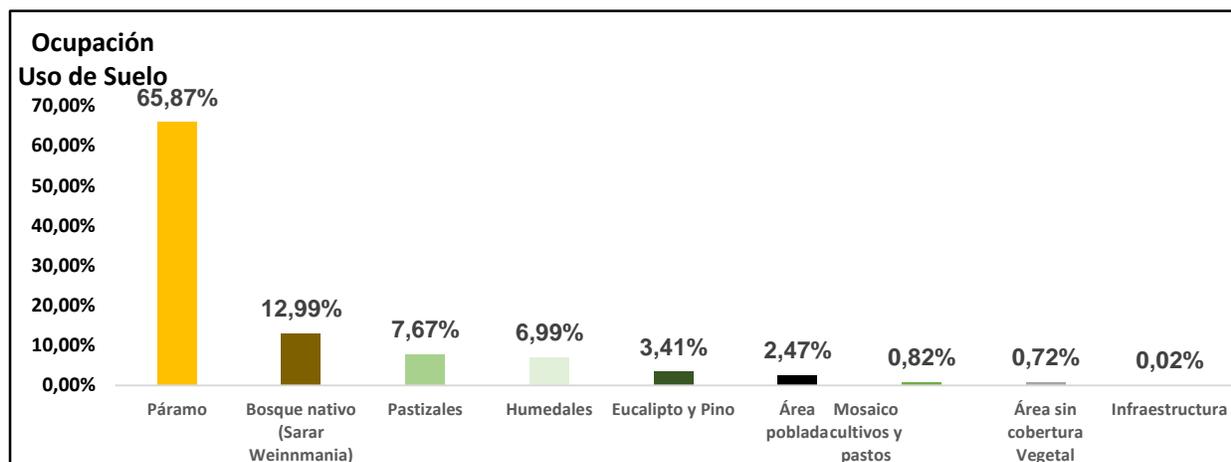


Figura 5. Ocupación del suelo en la cuenca del Machángara. El páramo representa la mayor cobertura del suelo y se localiza en la zona alta y parte de la zona media de la cuenca. El bosque nativo (Sarae Weinmannia) es la segunda cobertura presente en la cuenca llegando a ser un factor primordial para la generación de biomasa junto a las coberturas de eucalipto y pino.

Posteriormente, analizados los informes bióticos y los puntos de monitoreo de vegetación realizados en el área de influencia del complejo hidroeléctrico de la empresa ELECAUSTRO S.A. (anexo 1), se pudo obtener datos de las familias, géneros y especies de la flora que se encuentra distribuida en esta zona de la cuenca del río Machángara (Figura 6). Como resultado se puede decir que en el área de páramo de almohadilla El Labrado se encuentra la mayor cantidad de especies con un total de 31 de las cuales 1 es endémica, seguido por el páramo de El Labrado con un total de 27 especies de las cuales 1 es endémica y el sector de paramo de almohadilla Chanlud con un total de 27 especies en donde 2 son endémicas (MONITOREO BIÓTICO DEL COMPLEJO HIDROELÉCTRICO MACHÁNGARA, 2014). Con esta información, es posible conocer el tipo de vegetación y al ser comparada con los puntos de mayor generación de biomasa según los sensores remotos, se puede determinar las especies representativas que producen mayor hojarasca para la producción de biochar.

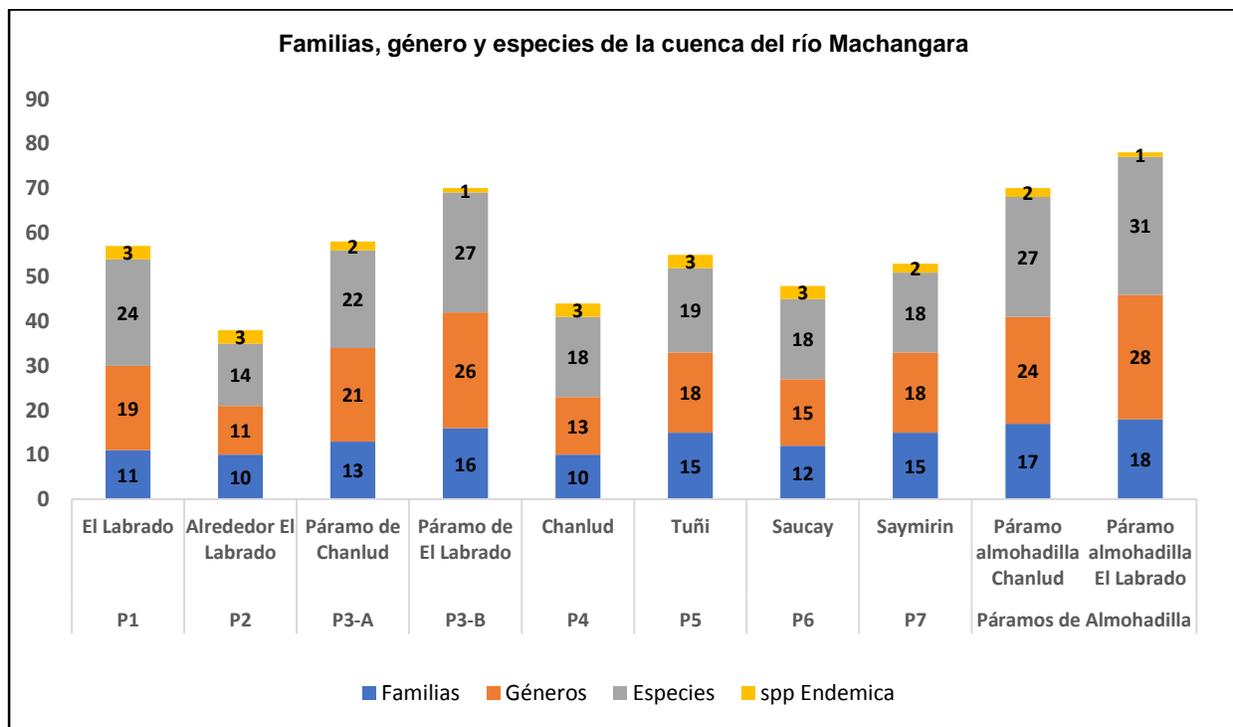


Figura 6. Distribución de flora según los puntos de monitoreo en la zona de influencia del complejo hidroeléctrico de la empresa ELECAUSTRO S.A. En el gráfico se observa abundantes especies vegetales nativas tanto en las zonas de páramo como en las zonas de bosque y matorral. En todos los puntos monitoreados se observa la presencia de especies endémicas.

De acuerdo a los resultados de los informes bióticos de las zonas aledañas al complejo hidroeléctrico Machángara, en el presente estudio se considerarán prioritariamente las zonas de bosque o que contienen vegetación arbustiva. Según los registros de los monitoreos bióticos, en las zonas de páramo no existe una cantidad de biomasa (hojarasca) disponible para recolectarla e implementarla como enmienda en la

mejora de suelos mediante la tecnología biochar. En la figura 7, se detalla las especies más representativas que se localizaron en zonas boscosas y que corresponden a los puntos P1, P2, P5, P6 y P7 descritos en la figura 6. Las zonas de bosque en la presa El Labrado, sector Tuñi y central hidroeléctrica Saucay contienen distintas especies representativas. En el caso de la zona de la central hidroeléctrica de Saymirin se ha identificado que un 95% de los individuos monitoreados corresponden a eucalipto, siendo el predominio de esta especie muy alto sobre las demás identificadas en la zona.

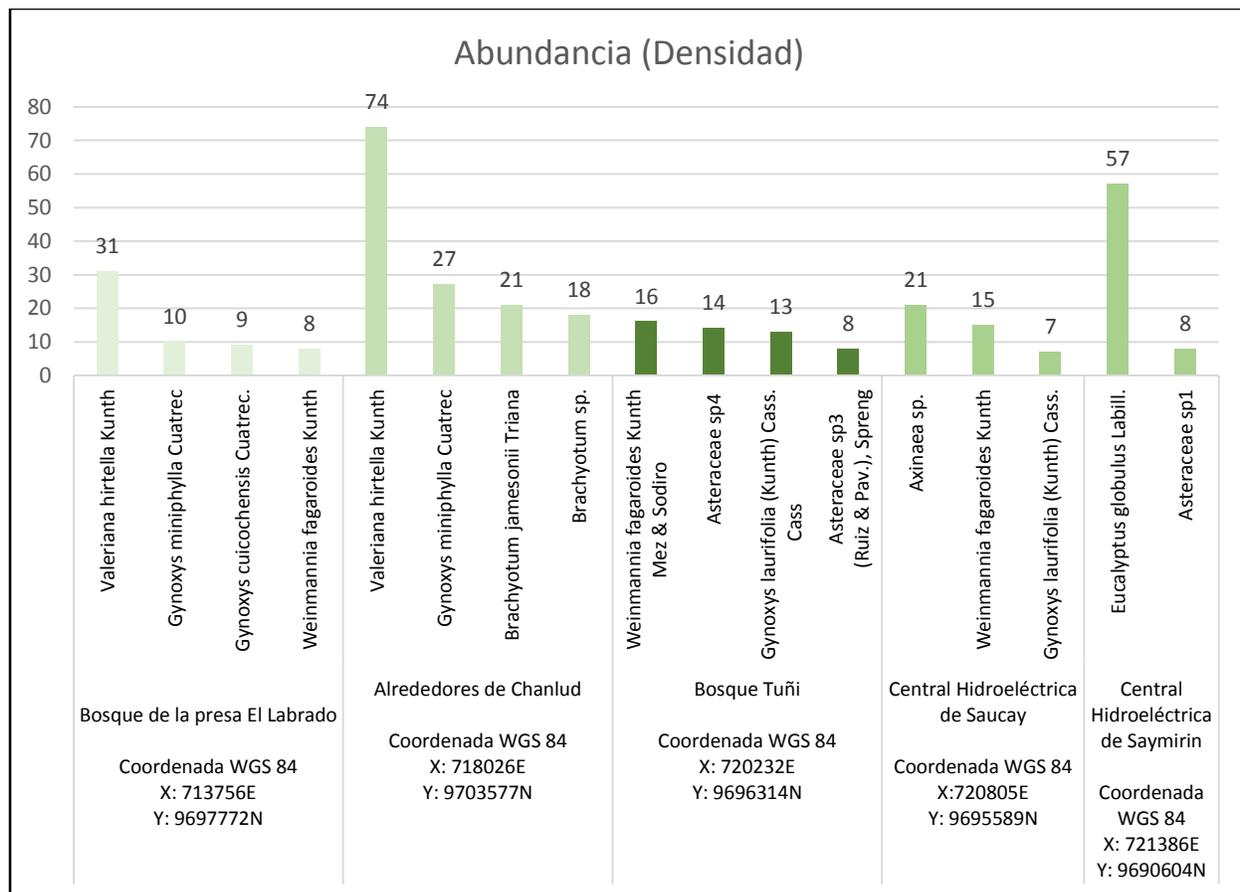


Figura 7. Abundancia de especies localizadas en los puntos de monitoreos correspondientes a zonas arbustivas y zonas de bosque del complejo hidroeléctrico Machángara, se puede evidenciar que la especie predominante en el bosque de Labrado es *Valeriana hirtella* Kunth, en el punto de alrededores de Chanlud la especie *Valeriana hirtella* Kunth tiene una densidad de 74, en el punto Bosque de Tuñi la especie más abundante es *Weinmannia fagaroides* Kunth, en la central Saucay la especie con mayor densidad es *Axinaea* sp. y por último en la zona de Saymirin la especie *Eucalyptus globulus* Labill. predomina con una densidad de 57.

El aspecto socioeconómico, se desarrolló bajo tres componentes principales que fueron: actividades productivas, nivel socioeconómico y el porcentaje de la población económicamente activa. Los resultados demostraron de manera general el desarrollo de las comunidades asentadas a lo largo de la cuenca hidrográfica y la calidad de vida de sus habitantes (Figura 8). En la zona de estudio, habitan aproximadamente unas 70685 personas (Garzón & Landin, 2013). Los asentamientos con mayor densidad

poblacional son las parroquias Cuenca (47.01 hab/km²) y Ricaurte (13.83 hab/km²). La parroquia Chiquintad a pesar de ser la más extensa dentro de la cuenca (Anexo 1) no posee una población significativa y su densidad poblacional es muy baja (0.52 hab/km²). Las parroquias de menor densidad poblacional posiblemente por sus características geográficas, son las parroquias de Gualleturo y San Antonio, ambas localizadas en la provincia de Cañar en la zona alta de la cuenca hidrográfica. En cuanto a los niveles de pobreza, el 36,5% de la población es pobre (gasta diariamente menos de 3,35 dólares por persona), y el 10,3% apenas puede realizar un gasto diario inferior a 1,35 dólares (nivel de indigencia) (ACOTECNIC CIA LTDA, 2016).

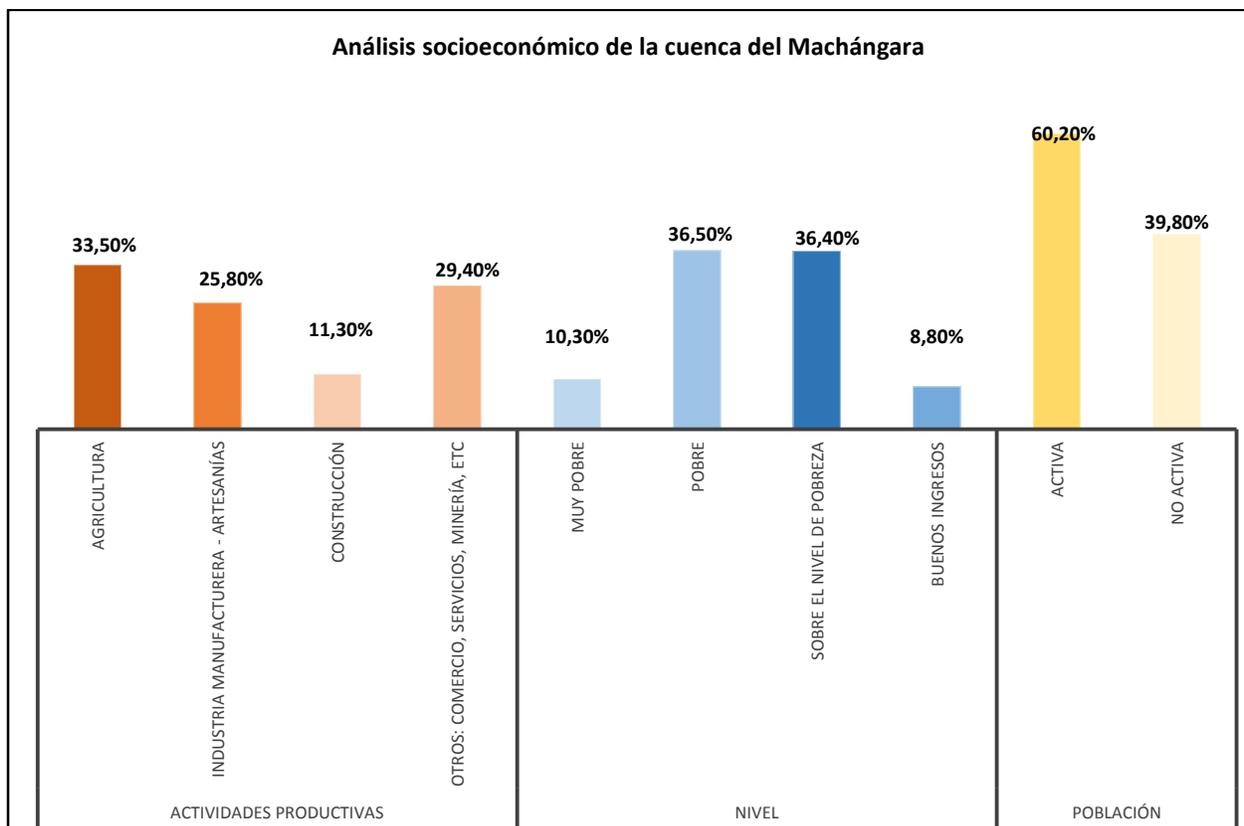


Figura 8. Análisis socioeconómico de los habitantes de la cuenca del río Machángara. La principal actividad productiva y medio de subsistencia es la agricultura. Apenas el 8.80% de la población de esta cuenca dispone de los ingresos necesarios para satisfacer sus necesidades. Cerca del 40% de la población se encuentra económicamente inactiva.

3.2 Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

El NDVI en el área de estudio muestra que sus valores más altos coinciden con los remanentes de bosque presentes en buena parte de la cuenca (Figura 9a). Sin embargo, incluye vegetación leñosa principalmente en la microcuenca del río Chulco, no registrada por el mapa de ecosistemas oficial del ministerio del ambiente (MAE 2012, Figura 9b).

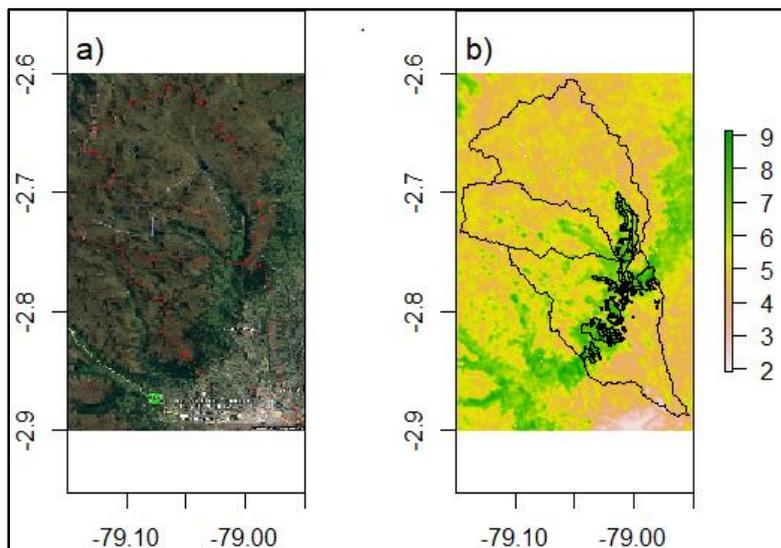


Figura 9. a) Google Earth imagen 2020, la línea cortada roja muestra la cuenca del Machángara, b). NDVI media de la imagen Landsat 7 TM, imagen con corrección radiométrica y topográfica, polígonos dentro de la cuenca representan los bosques generados por el MAE 2012.

La disponibilidad de hojarasca en la cuenca del río Machángara muestra una acumulación de los valores más altos en los sectores de la cuenca hídrica donde hay mayor presencia de vegetación leñosa (Figura 10). Cada microcuenca (río Machángara Alto, río Machángara Bajo y río Chulco) presenta diferentes cantidades y diferentes áreas con alto stock de hojarasca.

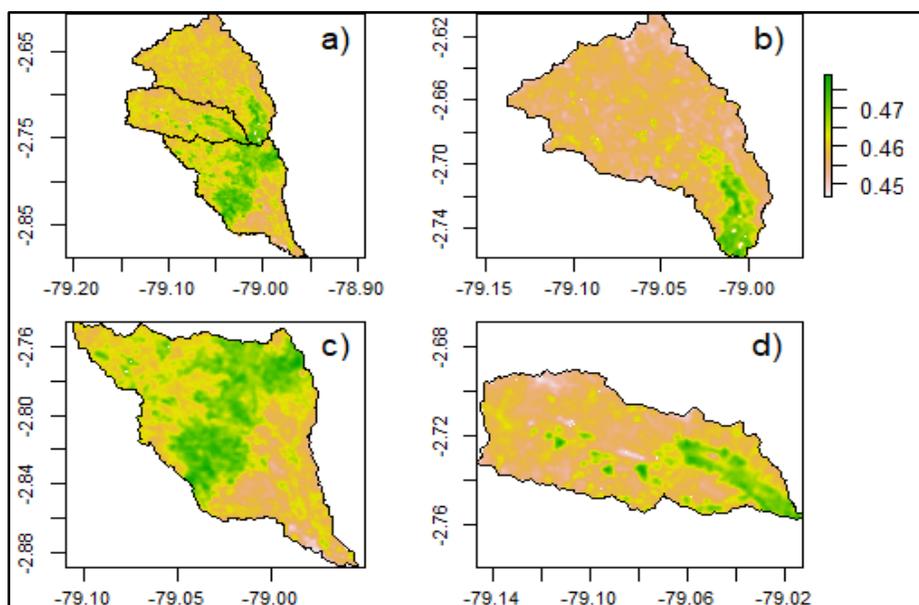


Figura 10. Hojarasca potencial (Mg.m-1.año-1, Megagramos por unidad de área [900m²], en el tiempo [año] a) en la cuenca del río Machángara, b) hojarasca potencial en la cuenca del río Alto, c) hojarasca potencial en la cuenca del río Bajo, d) hojarasca potencial en la cuenca del río Chulco.

Toda la cuenca tiene una mediana de 0.463 ($\text{Mg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$) por pixel, en un rango de 0.446 a 0.485 ($\text{Mg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$). La distribución de valores de la hojarasca muestra una gran variabilidad en un rango relativamente corto, con varios valores atípicos mínimos y máximos (Anexo 2). Las microcuencas presentan similares medianas (río Alto 0.462, río Bajo 0.465 y río Chulco 0.463; Anexos 3-5), sin diferencias consistentes. Las microcuencas del Alto y Chulco presentan muchos valores altos de hojarasca, que coinciden con las áreas de vegetación leñosa de la cuenca. La microcuenca del río Bajo muestra valores mejor distribuidos, pero con muchos valores bastante altos, lo que indica que en esta zona existe bastante vegetación leñosa (Figura 11).

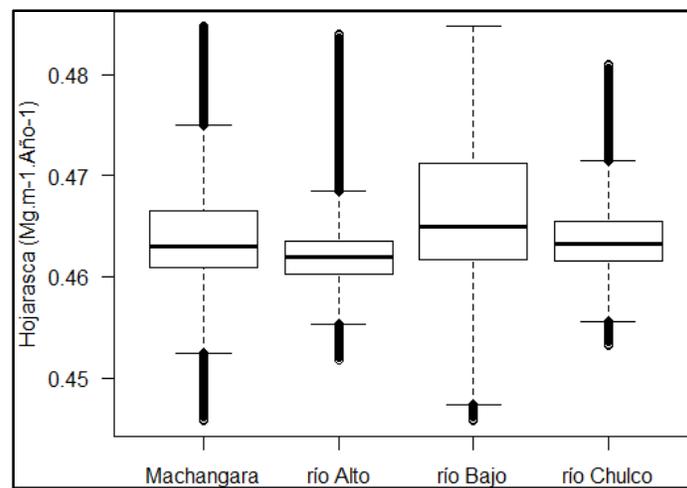


Figura 11. Rango de datos de hojarasca potencial. Muestra los valores mínimos y máximos los cuartiles Q1, Q2 y Q3 y el rango intercuartílico. El gráfico indica poca variación entre sitios, con una mejor distribución de los valores en la subcuenca del río Bajo.

Con este ejercicio de estimación de la hojarasca potencial de la cuenca del río Machángara, podemos determinar la cantidad de biomasa por microcuencas y ecosistemas, por tipo de vegetación, por rangos geográficos y altitudinales, por uso del suelo, por la propiedad del suelo y varios otros potenciales usos. Podemos identificar las zonas con valores altos, bajos y medios; además, podemos identificar cada pixel con su valor y su coordenada media (900 m^2). Toda esta información puede ser usada como base para varios estudios sobre el ciclo del carbono en bosques tropicales y su papel en el ciclo del carbono a nivel global, y los posibles impactos causados por el cambio climático. Siendo un excelente insumo para implementar sistemas de monitoreo de carbono como parte de proyectos que buscan aumentar el stock de carbono en el paisaje (por ejemplo, proyectos agroforestales, plantaciones, etc.) o reducir la tasa de emisiones de dióxido de carbono (por ejemplo, proyectos de deforestación y degradación evitada). Finalmente, representan un insumo para desarrollar proyectos de sistemas de pago relacionados al almacenamiento de carbono (Honorio y Baker 2010). Para programas como el de reducción de emisiones causadas por la deforestación y degradación de los bosques (REDD), que buscan reducir las emisiones

de dióxido de carbono a la atmósfera por la deforestación tropical (Rendón et al. 2009). O proyectos como el MDL forestal, que buscan fijar parte del dióxido de carbono de la atmósfera en la biomasa de los árboles mediante la reforestación de áreas degradadas (Pearson et al., 2005).

3.3 Proceso para la implementación del proyecto de aprovechamiento de la biomasa

Los resultados de la fase de diagnóstico muestran la abundancia de especies arbóreas focalizadas especialmente en las zonas arbustivas y zonas de bosque existentes en el área de estudio (Anexo 1). En la validación de estos resultados se utilizaron sensores remotos, mediante los cuales se estimó la cantidad de biomasa y se verificó su localización dentro de la cuenca. Para ello, se estipuló que la superficie de la cuenca hídrica del Machángara estaba conformada por 293778 pixeles de 900 m² cada uno. Cada pixel cuenta con su valor de NDVI y está representado por las coordenadas céntricas del pixel (Anexos 2 -5).

Al vincular los resultados del diagnóstico de la cuenca y los valores estimados de biomasa disponible, se tuvo como resultado final el diseño de una alternativa de gestión para el manejo integrado de la materia orgánica mediante el uso de la tecnología biochar (Anexo 6). Considerando que la cuenca del río Machángara dispone de un plan de manejo integral, se construyó un conjunto de variables para lograr la articulación entre el modelo de gestión diseñado y los programas: ecología, difusión y comunicación social, educación ambiental, y relaciones comunitarias del plan de manejo integral. Los programas seleccionados contienen proyectos compatibles con la propuesta del presente trabajo (Figura 12).



Figura 12. Articulación del diseño de gestión propuesto con el plan de manejo integral de la cuenca del río Machángara. El color verde representa a los proyectos y programas considerados como compatibles con la propuesta de gestión. Los programas y proyectos en color naranja no fueron tomados en cuenta en la articulación de la alternativa de gestión diseñada.

La estructura del modelo propuesto inicia con la identificación de actores y con el desarrollo de un proceso secuencial conformado por actividades recomendadas para la implementación en campo de la alternativa de gestión (Anexo 6). También se generó la misión, la visión y los objetivos, que le brindan al modelo su propia autonomía, pero alineada con los parámetros de sostenibilidad y conservación del plan de manejo integral de la cuenca del Machángara. Los objetivos de la propuesta de gestión están directamente asociados a cuatro ejes estratégicos con sus respectivas actividades de trabajo. Los ejes estratégicos se encuentran sustentados en torno a los ámbitos ambiental, social, económico y tecnológico. Finalmente, se plantean las matrices de control que permitirán verificar el avance de actividades, dar seguimiento y evaluar el proyecto alternativo de gestión (Figura 13).

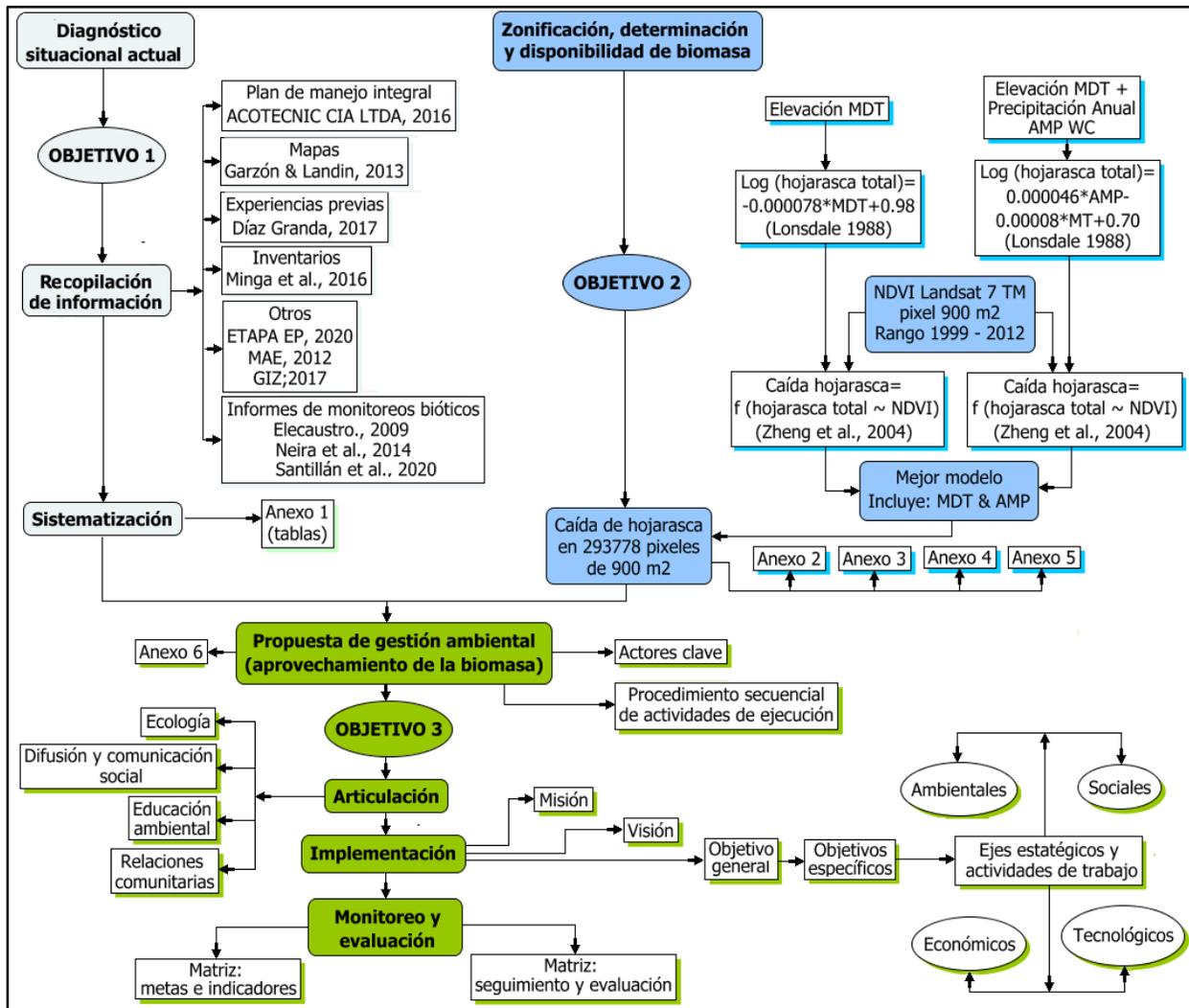


Figura 13. Proceso del diseño de la propuesta de gestión ambiental sostenible basada en el aprovechamiento de la biomasa. En celeste destacan las principales fuentes de investigación para elaborar el diagnóstico de la cuenca hídrica. En azul se observan los fundamentos y métodos utilizados para zonificar y determinar la caída de hojarasca disponible en la zona de estudio. En color verde se describe la estructura y los componentes de la alternativa de gestión diseñada, lo que constituye el producto final de la investigación.

4. DISCUSIÓN

El biochar se encuentra en suelos de todo el mundo como resultado de incendios de vegetación y prácticas históricas de manejo de suelos (International biocar initiative, 2020). La tecnología biochar puede ser una herramienta importante para enmendar el suelo, recuperar la fertilidad y mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Escalante et al., 2016). Esto se traduce en un aumento de la productividad de los cultivos, por lo que el biochar también puede ser un elemento importante para aumentar la seguridad alimentaria y recuperar áreas con suelos severamente agotados, recursos orgánicos escasos, y suministros inadecuados de agua y fertilizantes químicos (Muñoz & Galicia, 2018). Otra característica importante del biochar es que, al ser una forma recalcitrante de carbono, actúa como reservorio de larga duración de este elemento, retardando su retorno a la atmósfera como CO₂, situación que contribuye a mitigar el cambio climático (International biocar initiative, 2020).

En el presente trabajo se sistematizó la información física, biótica y social de la cuenca del río Machángara. Al analizar la información sobre la distribución de flora, se verificó la existencia de una abundante riqueza de especies vegetales en el área de estudio. Mediante el uso de sensores remotos y sistemas de teledetección (imágenes satelitales, software GIS, etc.), determinamos la cantidad de biomasa por medio del Índice de Vegetación Diferenciada Normalizada (NDVI) a lo largo de toda la superficie de la cuenca, representada por 293778 píxeles de 900m² cada uno.

Las zonas que denotaron mayor concentración de biomasa, fueron aquellas que albergaban a especies vegetales arbóreas o matorrales. Los resultados obtenidos muestran que la cuenca hídrica del Machángara tiene un gran potencial con respecto a la generación y disponibilidad de biomasa. Con estos fundamentos, se diseñó una alternativa de gestión ambiental para el manejo integrado de la materia orgánica mediante el uso de la tecnología biochar.

Este modelo planteado podría ser una alternativa de gestión viable para los sectores de la cuenca del Machángara, puesto que la producción de biochar no es compleja y frente a otras tecnologías resulta muy económica (Díaz Granda, 2017). Una ventaja adicional para utilizar esta alternativa, es que la materia prima para su elaboración proviene de la biomasa potencialmente aprovechable en forma de hojarasca y restos vegetales, la cual es cuantiosa en la cuenca del río Machángara según muestran los resultados del presente estudio. Además, el biochar se trata de un compuesto que puede fomentar buenas prácticas ambientales como la reducción del uso de fertilizantes químicos en la producción de alimentos (Escalante et al., 2016). De esta forma, se puede mantener una buena calidad del recurso hídrico al evitar la contaminación del agua por infiltración de sustancias químicas empleadas en actividades agropecuarias.

Además de los aspectos analizados, para desarrollar el modelo de gestión propuesto, se tomó en cuenta que la cuenca del río Machángara dispone actualmente de un plan de manejo integral muy completo. En este sentido se construyeron actividades estratégicas que permitan vincular la alternativa de gestión propuesta al plan de manejo de la cuenca. Como resultado, se generó una alternativa que se acopla transversalmente a cuatro programas del plan de manejo, los cuales contienen proyectos compatibles desde nuestro análisis con el aprovechamiento de la biomasa.

Una limitación de modelo de gestión diseñado con respecto a su ejecución, es que se requiere una adecuada institucionalidad, gobernanza y sostenibilidad para generar el interés y participación activa de los actores de la cuenca. La aceptación a este modelo de gestión, podría lograrse en base a la obtención de resultados positivos de diferentes proyectos que se deriven del uso del biochar como: incremento de productividad agrícola, incentivos para la producción agrícola, creación de mercados para comercializar alimentos producidos con esta alternativa, mejor la calidad de los recursos naturales, restauración de espacios degradados, generación de fuentes de empleo, etc. (Díaz Granda, 2017). Otra condicionante del modelo de gestión propuesto, gira entorno a la disponibilidad de la biomasa para su recolección, esto está supeditado a la accesibilidad a las zonas en donde existe mayor cantidad de biomasa. Hacemos referencia a la geografía del terreno, a la presencia de vías de acceso, al consentimiento de propietarios de predios privados y al tipo de ecosistema en el que se encuentre la potencial hojarasca.

Al mismo tiempo, hay que considerar el rol que desempeña la hojarasca en el suelo independientemente de su cantidad y condiciones en las que se encuentre, su aprovechamiento genera opiniones tanto positivas como negativas (Sánchez et al., 2009). Entre las ventajas que la materia vegetal caída ofrece al suelo están la conservación de la humedad del suelo, minimiza la erosión del suelo, protege al suelo de la variabilidad de temperatura, acrecienta la permeabilidad de la superficie del suelo y mejora la capacidad de retención del agua (DAVIES, 1999). Estas propiedades, generan un mayor desarrollo de las raíces especialmente de árboles jóvenes. Por el contrario, entre los puntos negativos de la presencia de hojarasca en el suelo están que se propicia el desarrollo de hongos que producen enfermedades a las plantas y ocasionan menor penetración del agua a los suelos (DAVIES, 1999). La acumulación de este material podría ocasionar que el terreno se vuelva susceptible a incendios forestales. (Ministerio de Agricultura y Riego de Perú, 2012). Por este motivo, para la ejecución de la alternativa propuesta, la recolección de biomasa debería ser de las zonas que presenten un exceso de material vegetal. tanto desde el análisis con sensores remotos como en el sitio mismo de la cuenca. Esto justificaría el análisis realizado mediante los sensores remotos que permitieron identificar las zonas que mayor cantidad de stock de biomasa presentan en la cuenca del río Machángara y se verificaría en el sitio durante el trabajo de campo.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A través del trabajo desarrollado se generó una herramienta para los comuneros y actores de la cuenca del río Machángara, basada en el uso del biochar como una alternativa de desarrollo socioeconómico que además ayuda al medio ambiente. La implementación de la tecnología biochar ha sido expuesta como una opción viable para mejorar la productividad de sus cultivos, cambiando los tradicionales abonos químicos y altamente contaminantes por una tecnología ambientalmente sostenible. Esta propuesta orgánica, puede ayudar a controlar que las aguas de infiltración provenientes de las zonas de cultivos no lleguen con carga contaminante a las fuentes hídricas.

La propuesta de gestión, proyecta una herramienta que está siendo probada en otras partes del mundo por sus aparentes beneficios para mejorar la calidad de suelo (Escalante et al., 2016) y se encuentra al alcance de las comunidades de la cuenca del río Machángara por las condiciones encontradas en esta zona. Esta herramienta generará fuentes de trabajo para comuneros jóvenes del sector, quienes podrán realizar actividades de recolección de materia orgánica y transporte de la misma hasta la zona de producción de biochar. La aplicación de la propuesta tiene actividades a corto, mediano y largo plazo, dependiendo del apoyo existe al proyecto presentado.

Tomando en cuenta que, en el presente estudio se plantea el aprovechamiento de la biomasa arbórea, los puntos de mayor interés para recolección de materia prima para elaborar el biochar son: El Labrado, sector Tuñi y central hidroeléctrica Saucay, Sin embargo, en estas zonas se deberá previamente evaluar la cantidad de hojarasca a recolectar por tratarse de zonas con vegetación nativa y de interés ecológico. En el caso de la zona correspondiente a la central hidroeléctrica de Saymirín, se ha identificado que un 95% de los individuos monitoreados corresponden a eucalipto, convirtiéndose en un punto vital para la obtención de biomasa, puesto que esta especie no representa a un ecosistema frágil.

Diseñado el modelo de gestión ambiental, se puede concluir que el biochar es una alternativa económica y sostenible para los comuneros del sector de la cuenca del Machángara. El programa de gestión planteado ha sido planificado con estrategias que involucran la participación activa y coordinada de los actores de la cuenca y contempla un plan operativo para su ejecución, seguimiento y evaluación que permita su articulación sostenible al plan de gestión integral existente en la zona de estudio.

De la ejecución del modelo de gestión diseñado, pueden surgir una serie de nuevos proyectos que permitan mejorar la eficiencia de la propuesta y complementar la vinculación de la tecnología biochar con el plan de manejo de la cuenca del río Machángara, fortaleciendo la gestión ambiental de esta cuenca hídrica.

6. REFERENCIAS

- ACOTECNIC CIA LTDA. (2016). Plan de Manejo de la Subcuenca del Río Machángara.
- Aguirre Mendoza, Z., Díaz Ordoñez, E., Muñoz Chamba, J., & Muñoz Chamba, L. (2019). Sucesión natural bajo plantaciones de *Pinus radiata* D. Don (Pinaceae) y *Eucalyptus globulus* Labill. (Myrtaceae), en el sur del Ecuador. *Arnaldoa*, 26(3), 943–964. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26306>.
- Avendaño Leadem, D. F., Cedeño Montoya, B. C., & Arroyo Zeledón, M. S. (2020). Integrando el concepto de servicios ecosistémicos en el ordenamiento territorial. *Revista Geográfica de América Central*, 65(2), 63–90.
- Bivand et al. 2020. rgdal: Bindings for the 'Geospatial' Data Abstraction Library. R package version 1.5-18.
- Borja, P., Iñiguez, V., Crespo, P., & Cisnero, P. (2008). Características Físico -Químicas De Histosoles Y Andosoles De Los Páramos de Quimsacocha, Ecuador. January 2015.
- Burnham K. P. & Anderson D. R. 2002. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. 2nd ed. New York: Springer.
- Comité de Conservación de la Cuenca del Río Machángara. (n.d.). Retrieved September 24, 2020, from <https://www.comitecuencamachangara.com/>
- Cotler, H., Galindo, A., González, I., Pineda, R. F., Ríos, E., Cotler-Avalos, H., Galindo-Alcántar, A., González-Mora, I. D., Pineda-López, R. F., & Ríos-Patrón, E. (2013). Cuencas hidrográficas. Fundamentos y Perspectivas para su manejo y gestión. In Cuadernos de divulgación Ambiental, (Primera Ed, Issue January). <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001596.pdf>
- DAVIES, H. M. (1999). Efecto de utilización de mulch de acícula de pino, corteza de pino, paja con guano de caballo y guano de pavo sobre la productividad del palto (*Persea americana* Mill) cv. HASS. Quillota, Chile.
- Díaz Granda, C. (2017). Uso de biochar de acícula de pino (*Pinus patula*) como enmienda de suelo negro andino (Andosol) [Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7507>
- Escalante, A., Pérez, G., Hidalgo, C., López, J., Campo, J., Valtierra, E., Rebolledo, E., Pérez, G., Hidalgo, C., López, J., Campo, J., Valtierra, E., & Etchevers, J. (2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Terra Latinoamericana*, 34(3), 367–382. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n3/2395-8030-tl-34-03-00367.pdf>
- ETAPA EP. (2020). Comité de gestión de la cuenca del Machángara. <https://www.etapa.net.ec/Información/Gestión-ambiental/Manejo-de-cuencas-hidrográficas/Comité-de-gestión-de-la-cuenca-del-Machángara>
- FAO. (2017). Por qué las montañas son importantes | FAO Stories | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1071889/>

- Garzón, J., & Landin, M. (2013). Elaboración de mapas tipo atlas para la Subcuenca del Río Machángara. *Artículo Ecuador*, 1(5), 1–127.
- Hansen, M. C. et al. 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 6160: 850–53.
- Haralick, R. M. 1979. Statistical and structural approaches to texture. *Proceedings of the IEEE*, 5: 786–804.
- Hijmans et al. 2020. raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 3.3-13.
- Honorio Coronado E. N. & Baker T. R. 2010. Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana / Universidad de Leeds. Lima, 54 p.
- International biochar initiative. (2020). Tecnología Biochar - biochar-international. <https://biochar-international.org/biochar-technology/>
- Jiménez Otárola, F., & Benegas Negri, L. (2019). Experiencias y contribuciones del CATIE al manejo y gestión de cuencas hidrográficas en América tropical. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(1), 153–170. <https://doi.org/10.15359/rca.53-1.9>
- Kessler, M. (2006). Bosques de *Polylepis*, p. 110-120. In M Moraes, B. Ollgaard, L.P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev (eds.). *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. (2014). www.asamblea.gob.ec
- Lonsdale, W. M. (1988). Predicting the amount of litterfall in forests of the world. *Annals of Botany*, 61(3), 319–324. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a087560>
- Lonsdale, W.M. 1988. Predicting the amount of litter fall in forests of the world. *Ann. Bot.*, 61: 319-324.
- MAAE Ministerio del Ambiente y Agua. (2020). Guía Metodológica de Peritaje Ambiental. Herramienta para la reparación integral de daños ambientales. (Segunda Ed). www.ambiente.gob.ec.
- MAE, (Ministerio del Ambiente del Ecuador), & GIZ. (2017). Plan de Gestión del Área de Biósfera Macizo del Cajas. Un territorio para el ser humano, la producción y la conservación.
- Minga, D., Ansaloni, R., Verdugo, A., & C, Ulloa, Ulloa. (2016). Flora del páramo del Cajas, Ecuador. Universidad del Azuay. Imprenta Don Bosco. Cuenca-Ecuador, 281 pp.
- Ministerio de Agricultura y Riego de Perú. (2012). El suelo y la cobertura vegetal. Perú.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (2012). Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.

- Muñoz, F. A., & Galicia, L. (2018). Agricultura migratoria conductor del cambio de uso del suelo de ecosistemas alto-andinos de Colombia. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 16(1), 15–25.
- NASA Earth Observatory. 2000. “Measuring Vegetation”. https://earthobservatory.nasa.gov/features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2_pp.
- Neira, J., Astudillo, P., Duchitanga, S., Charpentier, A., & Vasco, S. (2014). Monitoreo Biótico del Complejo Hidroeléctrico Machángara.
- Oses, A. O. (2013). Efectos de la aplicación de biochar en el modelo jerárquico de agregación de un suelo forestal bajo condiciones oceánicas. Barcelona, España: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Pearson, T., Walker, S. & Brown, S. 2005. Sourcebook for Land use, land-use change and forestry projects. Biocarbon Fund. Winrock International.
- Peters, M. K., Hemp, A., Appelhans, T., Becker, J. N., Behler, C., Classen, A., Detsch, F., Ensslin, A., Ferger, S. W., Frederiksen, S. B., Gebert, F., Gerschlauer, F., Gütlein, A., Helbig-Bonitz, M., Hemp, C., Kindeketa, W. J., Kühnel, A., Mayr, A. V., Mwangomo, E., ... Steffan-Dewenter, I. (2019). Climate–land-use interactions shape tropical mountain biodiversity and ecosystem functions. *Nature*, 568(7750), 88–92. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1048-z>
- R Core Team (2012) R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Raich, J.W. & Nadelhoffer, K.J. 1989. Belowground carbon allocation in forest ecosystems: global trends. *Ecology*, 70: 1346-1354.
- Rendón, O. et al. 2009. Criterios e indicadores para proyectos REDD. Proyecto “Fortalecimiento de capacidades para pagos por servicios ambientales (carbono y biodiversidad) en la Amazonía Peruana”. Universidad de Leeds, Reino Unido, 35 p.
- Sánchez, S., Crespo, G., & Hernández, M. (2009). Descomposición de la hojarasca en un sistema silvopastoril de *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit cv. Cunningham. II. Influencia de los factores climáticos Litter decomposition in a silvopastoral system of *Panicum maximum* and *Leucaena*. *Pastos y Forrajes*, 32(4), 1–9.
- Sierra, R. (Ed.). (1999). Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Proyecto INEFAN-GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito-Ecuador. 174 pp.
- Wallis, C. I. B. et al. 2017. Remote sensing improves prediction of tropical montane species diversity but performance differs among taxa. *Ecological Indicators*, 1–12.
- Zheng, D., Prince, S., & Hame, T. (2004). Estimating net primary production of boreal forests in Finland and Sweden from field data and remote sensing. *Journal of Vegetation Science*, 15(2), 161–170. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2004.tb02251.x>

7. ANEXOS

Anexo 1: Información Biofísica y socio-económica de la cuenca del río Machángara, obtenida de diversos estudios de campo que han sido realizados en la zona de estudio.

Tabla 1. Componente Físico: Cuenca del río Machángara.

Descripción	Características		
Localización Geográfica (Comité de Conservación de la cuenca del río Machángara, 2018).	Se ubica en el austro ecuatoriano, al noroeste de la ciudad de Cuenca.		
	Se encuentra dentro de la unidad hidrográfica del río Santiago		
	Está asociada a las subcuencas del río Paute y representa el 5% de este territorio.		
	Forma parte de la reserva de biósfera Macizo del Cajas		
Rango altitudinal	Desde 2500 hasta 4400 m.s.n.m.		
Temperatura promedio (°C) (ETAPA EP, 2020).	Zona alta	Zona media	Zona baja
	entre 2 y 8	entre 6 y 10	entre 10 y 16
Precipitación anual (mm/²)	entre 1500 a 1750	1250 a 1500	entre 750 a 1250
Geomorfología (Garzón & Landin, 2013).	Es atravesada por la cordillera de los Andes		
	Relieve: escarpado y montañoso		
	Formas del territorio: colinas, valles, cuerpos de agua, vertientes, espacios urbanos		
Geología	Formación predominante: Chanlud 40% - Tarqui 21%		
	Periodo: Pleistoceno		
	Era: Cuaternario		
Pendiente	De 0 a mayores de 50 grados		

	El 70% del territorio presenta pendientes entre 12 y 50 grados
Caracterización del suelo (Borja et al., 2008).	Suelos de origen volcánico
	Tipo: Andosol (predomina en la cuenca media y alta), pH promedio 4.5, color negro, alto contenido de materia orgánica, buena retención de agua, estructura estable.
	En los páramos almacena gran cantidad de C.

Tabla 2. Caracterización hídrica: Cuenca del río Machángara.					
Ítem	Denominación	Volumen Hm³	Área (ha)	Longitud (m)	Calidad Ambiental
Recursos Hídricos Existentes (Garzón & Landin, 2013).	Zonas lacustres, ríos, ciénegas, quebradas, acequias, lagunas y embalses				
Embalses	Labrado	6			
	Chanlud	17			
Microcuencas	Río Machángara Alto		13.213,28		Buena
	Río Chulco		6.579,62		Muy buena
	Río Machángara Bajo		12.735,14		Aceptable
Red Hídrica (ACOTECNIC CIA LTDA, 2016).	Total			168.617,68	
	Principal: Río Machángara			51.172,74	
	Destacados: Chacayacu, Patamarca, Sinincay, Checa, Quintul				
Lagunas (cuenca alta)	Total		262		
	Labrado		59,69		

	Machángara		51,93		
	Taplacochoa		36,52		
	Culcucochoa		17,28		
	Pinachochoa		10,49		
	Mediano Panqui		7,55		

Tabla 3. Extensión y organización territorial: Cuenca del río Machángara.

Extensión total	32.544 ha			
	Parroquia	Área (ha)	Cantón	Provincia
División Político Administrativa (ACOTECNIC CIA LTDA, 2016).	Checa	6.269,82	Cuenca	Azuay
	Chiquintad	9.247,92		
	Sinincay	1.772,52		
	Sayausí	1.143,57		
	Octavio Cordero Palacios	439,92		
	Ricaurte	401,96		
	Sidcay	393,42		
	Cuenca	902,62		
	Gualleturo	6.170,58	Cañar	Cañar
	San Antonio	6.288,75	Biblián	
	Jerusalén	90,13		
	Nazón	5.645,18	Déleg	
	Déleg	4,06		

Tabla 4. Componente Social: Cuenca del río Machángara.

Ítem	Parroquia	Habitantes	Densidad Poblacional (hab/km ²)	Población total aproximada
Principales asentamientos humanos (Garzón & Landin, 2013).	Cuenca	42.035	47.01	71 000 Habitantes
	Sinincay	11.353	6.43	
	Ricaurte	5.639	13.83	
	Chiquintad	4.803	0.52	
	Checa	2.759	0.44	
	Cuenca	42.035	47.01	
Asentamientos con menor población	Gualleturo	803	0.13	
	San Antonio	4	0.07	

Tabla 5. Nivel Socio-económico: Cuenca del río Machángara.

Ítem	Actividad	Población %	Muy Pobre %	Pobre %	Sobre nivel de pobreza %	Buenos ingresos %	Activa %	No Activa %
Actividades Productivas (Garzón & Landin, 2013).	Agricultura	33.5						
	Industria manufacturera- artesanías	25.8						
	Construcción	11.3						
	Otros: comercio, remesas, minería, canteras, actividades de servicio, etc.	29,4						
Niveles de pobreza de la población			10.3	36.5	36.4	8.8		
Población económicamente activa							60.2	24

Tabla 6. Componente Biótico: Cuenca del río Machángara.

Descripción	Uso de suelo	Área (ha)	Ocupación (%)	Área protegida
Cobertura vegetal y uso de suelo (ACOTECNIC CIA LTDA, 2016).	Área poblada	802,03	2.47	Área de bosque y vegetación protectora Machángara – Tomebamba Características: Ocupa el 77 % de superficie de la cuenca con 21.787, 07 ha. Cuenta con Protección Jurídica emitida mediante el Acuerdo Ministerial N° 0292 con fecha 22 de agosto de 1985.
	Área sin cobertura Vegetal	233,37	0.72	
	Bosque nativo (<i>Sarar Weinmania</i>)	3.573,75	12.99	
	Infraestructura	5,24	0.02	
	Humedales	1.921,58	6.99	
	Páramo	21.363,86	65.87	
	Eucalipto y Pino	938,94	3.41	
	Mosaico cultivos y pastos	224,32	0.82	
Pastizales	2.110,45	7.67		
Caracterización de ecosistemas (MAE 2012)	Ecosistemas			Se realiza la ampliación del área de conservación a través del Acuerdo Ministerial N° 65 del 18 de julio de 2005, incorporando 3.438 ha de zonas sensibles estratégicas como la quebrada Soroche (MAE & GIZ, 2017)
	Herbazal y arbustal siempreverde subnival del páramo	1.762,04	7.05	
	Herbazal del páramo	20.210,07	80.83	
	Arbustal siempreverde y herbazal del páramo	1.019,93	4.08	
	Bosque siempreverde montano alto de la cordillera occidental de los Andes	1.452,50	5.81	
Bosque siempreverde montano de la cordillera occidental de los Andes	467,94	1,87		

Tabla 7. Componente Biótico - Biodiversidad: Cuenca del río Machángara.

Ítem	Especie	Nombre común	Categoría UICN
Fauna (Comité de Conservación de la cuenca del río Machángara, 2018).	Cuniculus taczanowskii	Sacha cuy	(NT) casi amenazada
	Leopardus tigrinus	Tigrillo	(VU) vulnerable
	Mazma Rufina	Yamala	(VU) vulnerable
	Tremarctos ornatus	Oso de anteojos	(VU) vulnerable
	Sylvilagus brasiliensis	Conejo de monte	(VU) vulnerable
	Nasuella olivácea	Cuchucho	(DD) datos insuficientes
	Pseudalopex culpaeus	Raposo	(LC) preocupación menor
	Conepatus semistriatus	Añas	(LC) preocupación menor
Mustela frenata	Chucurillo	(LC) preocupación menor	

Tabla 8. Componente Biótico - Biodiversidad: Cuenca del río Machángara.

Ítem	Orden	Nro. especies	Especies representativas	Zona y metodología estudio
Avifauna (ACOTECNIC LTDA, 2016). CIA	Anseriformes	2	<i>Coeligena iris</i> (endémica). Cóndor Andino (en peligro de extinción).	-Mediante transectos
	Apodiformes	16		-Bosque montano alto desde los 2600 hasta los 3532 msnm.
	Caprimulgiformes	1		-Páramo desde los 3300 hasta los 3616 msnm.
	Charadriiformes	1		
	Ciconiformes	1		
	Falconiformes	5		
	Galliformes	1		
	Gruiformes	1		
	Passeriformes	59		
	Piciformes	3		
	Psittaciformes	1		
Trogoniformes	1			

Tabla 9. Componente Biótico - Biodiversidad: Cuenca del río Machángara.

Ítem	Descripción	Nro. especies	Zona estudio
Herpetofauna (ACOTECNIC CIA LTDA, 2016).	Anfibios	10	Bosque montano, páramo, matorrales, pastizales, humedales y bosque de eucalipto
	Reptil	1	
Ítem	Especie	Familia	Zona estudio
Ictiofauna (ACOTECNIC CIA LTDA, 2016).	<i>Onchorhynchus mykiss</i>	Salmonidae	Entre los 3000 y 3500 msnm., en cuerpos de agua lénticos y lóticos

Tabla 10. Componente Biótico- Biodiversidad: Cuenca del río Machángara.

Ítem	Formaciones vegetales	Especies representativas	Características
	Herbazal montano alto y montano alto superior de páramo	<p>Especies pequeñas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Presl) Steud. - <i>Festuca subulifolia</i> Benth., - <i>Paspalum bonplandianum</i> Flüggé, <i>Agrostis</i> sp. - <i>Chrysactinium acaule</i> (Kunth) Wedd., <i>Senecio</i> sp, <i>Rhynchospora</i> sp. <p>Subarbustos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Disterigma empetrifolium</i> (Kunth) Drude - <i>Pernettya prostrata</i> (Cav.) DC. - <i>Vaccinium floribundum</i> Kunth 	Predominancia de plantas en macollas que forman una capa herbácea y debajo de esta crecen un sinnúmero de pequeñas especies (Minga et al. 2016)

<p>Flora</p> <p>(Comité de Conservación de la cuenca del río Machángara, 2018)MAE 2012).</p>		<p>Arbustos (alcanzan 2 y 3 m): género <i>Gynoxys</i>, <i>Brachyotum</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Valeriana</i> - <i>Chuquiraga</i>, - <i>Baccharis</i>, - <i>Diplostephium</i> - <i>Pentacalia</i>. 	
	<p>Bosque siempreverde montano alto del sur de la cordillera oriental de los Andes</p>	<p>Especies arbóreas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -<i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth, -<i>Hedyosmum cumbalense</i> H. Karst. -<i>Ocotea infrafoveolata</i> van der Werff, -<i>Oreopanax avicenniifolius</i> (Kunth) Decne. & Planch. -<i>Macleania rupestris</i> (Kunth) A.C. Sm. <i>Fuchsia loxensis</i> Kunth, -<i>Calceolaria nivalis</i> Kunth, -<i>Galium</i> sp., -<i>Stellaria</i> sp., -<i>Peperomia</i> sp., -helechos en su mayoría de la familia Polypodiaceae. <p>Especies exóticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Pinus patula</i> Schltl. & Cham., - <i>Eucalyptus globulus</i> Labill. 	<p>-Presentes como fragmentos o parches relegados a las quebradas o a las laderas montañosas, limitan con el páramo por lo que en su parte superior también se le conoce como ceja de montaña (Sierra et al. 1999)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Altura del dosel varía entre 8 a 15 m - Las especies introducidas presentan un alto éxito reproductivo, desplazan a las especies nativas, además de absorber grandes cantidades de agua, convirtiéndose en un serio problema.
<p>Flora</p> <p>(Comité de Conservación de la cuenca del río</p>	<p>Bosque siempreverde montano alto y montano alto superior de páramo</p>	<p>Especies arbóreas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -<i>Polylepis reticulata</i> Hieron., -<i>Gynoxys</i> sp., -<i>Brachyotum alpinum</i> Cogn., -<i>Symplocos quitensis</i> Brand, -<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl., 	<p>-Son bosques con un dosel que alcanza hasta los 10 m de altura</p> <ul style="list-style-type: none"> -Se localizan generalmente en sitios protegidos, cerca de lagunas, en las quebradas de

Machángara, 2018)(MAE 2012).	<ul style="list-style-type: none"> -<i>Miconia salicifolia</i> Bonpl. ex Naudin, -<i>Diplostegium oblanceolatum</i> S.F. Blake, -<i>Galium</i> sp., -<i>Lachemilla</i> sp., -<i>Hydrocotyle</i> sp., - Epífitas principalmente del grupo de las Pterophyta y de la familia <i>Bromeliaceae</i>. 	orillas y riachuelos y en lugares rocosos o encañonados (Minga et al. 2016)
------------------------------	---	---

Tabla 11. Zonificación y actividades de planificación: Cuenca del río Machángara

Ítem	Características		
	Área (ha)	Ocupación (%)	Actividades planificadas
Subcuenca Alta (Comité de Conservación de la cuenca del río Machángara, 2018).	19.8604,63	61	Casi en su totalidad se encuentra dentro del espacio declarado como Bosque y Vegetación Protectora Machángara Tomebamba (se exceptúan algunos accesos a centros poblados)
			Zona destinada exclusivamente a la conservación
			Estrategias de conservación: programa socio-bosque, legalización de predios con el MAAE y compra de terrenos (ETAPA EP, ELECAUSTRO)
Subcuenca Media	6.385,21	19.61	Plantea un enfoque de manejo basado en alternativas productivas sostenibles: proyectos de producción eficiente, huertos agroecológicos, riego efectivo, programas de capacitación, producción y comercialización.
			Utilización de bosques por parte de la población: el 68 % no utiliza el bosque, 25,3% recogen leña, 5,2 % obtienen madera y el 1,6 % extraen plantas medicinales como la valeriana.
			Existen asociaciones dedicadas a la producción agropecuaria como la cooperativa Sinincay.
			Existen asociaciones que disponen de sistemas de riego para producción hortícola y de pastos.
Subcuenca Baja	6.299,06	19.39	Condensa los asentamientos humanos y actividades comerciales llegando incluso al parque industrial de la ciudad de Cuenca.
			Enfoque de desarrollo productivo sustentado en sistemas locales como: conformación de asociaciones, fortalecimiento de competencias productivas y programas de proyección a corto y mediano plazo.

			Para la producción agropecuaria cuenta con importantes sistemas de riego como: el Machángara, el Checa-Sidcay-Ricaurte, el Sociedad de riego Ricaurte.
			Producción: cultivos tradicionales (maíz, fréjol, haba, arveja, hortalizas), pastos, ganado bovino, crianza de animales menores.

Tabla 12. Servicios ambientales: Cuenca del río Machángara

Descripción	Características	
Enfoque de gestión del recurso hídrico según su importancia	Orden de prelación: 1. Consumo humano, 2. Riego que garantice la soberanía alimentaria, 3. Caudal ecológico y 4. Actividades productivas (<i>Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento Del Agua</i> , 2014)	
Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento ETAPA E.P	Servicio de agua potable: Planta de tratamiento Tixán	
	Potabiliza 1940 l/s	
	Abastece con el líquido vital al 60 % de la población de la ciudad de Cuenca	
Sistemas de Riego para garantizar la soberanía alimentaria (ACOTECNIC CIA LTDA, 2016).	Se utilizan en la producción agroecológica: 1900 ha.	
	Canal de riego Machángara: 1900 usuarios	
	Canal Checa-Sidcay-Ricaurte: 865 usuarios	
	Canal Sociedad-Ricaurte: 971 usuarios	
Caudal ecológico para mantener los elementos, funciones, procesos y la resiliencia de los ecosistemas acuáticos	Criterio general de conservación: 1.0 l/s/Km ²	
	Zona de interés	Caudal (l/s)
	Aguas abajo de la presa El Labrado	45
	Aguas abajo de la derivación del río Machángara en la presa Chanlud	90
	Aguas abajo de la derivación del río Machángara al canal Saymirín	210
	Aguas abajo de la descarga de la central Saymirín	235
Empresa Electro Generadora del Austro ELECAUSTRO S.A	Servicio de hidroelectricidad: 90 mil hogares	
	Dispone en la zona alta de la cuenca de las represas Chanlud y El Labrado: almacenan 23 Hm ³ de agua	
	Centrales hidroeléctricas: Saucay (24 MW) y Saymirín (5 MW)	
Aprovechamiento para uso industrial	Uso a lo largo de la cuenca baja	
	Parque industrial de la ciudad de Cuenca	

	Se benefician alrededor de unas 120 empresas
Otros servicios ambientales	Espacio de biodiversidad
	Belleza paisajística
	Captación de CO ₂
	Permite mitigar las épocas de estiaje y el control de inundaciones gracias a su infraestructura

Tabla 13. Identificación de actores : Cuenca del río Machángara.

Actores AUTOTECNIC Cía. Ltda. (2016)		Normativa
1	Comité de Gestión de la Cuenca del Río Machángara	Ordenanza del cantón Cuenca.
		Estatuto interno.
2	GAD Cantón Cuenca	Constitución de la República Art. 253, Art. 264
		COOTAD Art.7, Art. 53, Art. 54, Art. 55, Art. 56, Art. 57, Art. 137.
3	Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. (ETAPA EP)	Ordenanza No. 156 (2002) que regula su organización y funcionamiento Art. 3
4	Ministerio del Ambiente y Agua	Constitución de la República.
		Le Orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua.
		Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.
		Código Orgánico del Ambiente.
		Reglamento al Código Orgánico del Ambiente.
5	Ministerio de Agricultura y Ganadería.	Mediante decreto publicado en el Registro Oficial No. 1.293 del 3 de enero de 1901 se creó el Ministerio de Fomento.
		Luego, el Ministerio de Agricultura fue creado según Decreto 162 publicado en el registro Oficial No. 253 del 23 de febrero de 1973.
6	GAD Provincial del Azuay.	Constitución de la República Art. 252, Art. 263.
		COOTAD Art. 40, Art. 41, Art. 42, Art.133, Art.135

7	Empresa Electro Generadora del Austro ELECAUSTRO S.A	Entidad constituida por escritura pública celebrada el 13 de julio de 1999, resolución de la Superintendencia de Compañías # 243 del 16 de julio de 1999 y registrada con el número 211 en el Registro Mercantil del mismo cantón, el 27 de agosto de 1999
8	Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos	Decreto Ejecutivo 42 - 22 de septiembre del 2009 -- Nro. 31 modificado por DE 1030 de 30 de octubre del 2009
9	Junta de riego y drenaje Machángara y otras juntas regantes.	Acuerdo Ministerial 077,1998, se le otorga personería jurídica a la JUNTA DE RIEGO Y DRENAJE MACHÁNGARA.
10	Universidad de Cuenca	- Decreto legislativo de 15 de octubre de 1867, La Ley de Instrucción Pública, en junio de 1897 se reconoce la condición universitaria. Desde 1926, tiene su nombre definitivo de Universidad de Cuenca.
11	GADs Parroquiales locales	Constitution Art. 255, Art. 267 COOTAD Art. 63, Art. 64, Art. 65.
12	Asociaciones Agropecuarias y Cooperativas	Constitución Art. 66 numeral 13 Código Civil Libro I Título XXX Decreto Ejecutivo 3054 (año 2002, DE 578 y 581 abril 2009). Estatutos de Creación aprobados conforme MIES Superintendencia de Economía Popular y Solidaria
13	Ministerio de Salud	Creado por la Asamblea Constituyente de 1967, mediante decreto 084 publicado en el Registro Oficial No. 149 del 6 de junio de ese mismo año.
14	Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables – Agencia de Control Minero (ARCOM)	Decreto Ejecutivo No 475 de 9 de julio de 2007 R.O. No. 132 de 23 de julio de 2007
15	Sociedad Civil	Constitución Art.66 (2,15, 25, 26, 27), Art. 70

Tabla 14. Plan de gestión integral: Cuenca del río Machángara.

Programas AUTOTECNIC Cía. Ltda. (2016)		Proyectos	
1	Geología y Geotecnia	a	Estudio de control de la erosión de las microcuencas.
		b	Modelación de la estabilidad geodinámica de la zona comprendida ente el tanque de carga Tuñi y la Central de Saucay.
	Hidrología y	a	Modelo hidrológico del río Machángara.

2	Climatología	b	Estudio de peligro de inundaciones para el río Machángara.
		c	Mejoramiento del monitoreo hidrometeorológico.
3	Ecología	a	Monitoreo de variables ambientales.
		b	Restauraciones ecológicas.
		c	Prevención de agresiones ambientales.
4	Difusión y Comunicación Social	a	Plan de comunicación y difusión
		b	Diseño de una página web con múltiples usos
5	Educación Ambiental	a	Educación ambiental formal
		b	Fortalecimiento y desarrollo de capacidades socio-organizativas.
6	Relaciones Comunitarias	a	Manejo ecológico de la subcuenca.
		b	Fomento, difusión y capacitación de emprendimientos.
		c	Fomento y difusión de buenas prácticas agrícolas.

Tabla 15. Problemática: Cuenca del río Machángara.		
Zona de la cuenca	Principales problemas	
Subcuenca Alta (ACOTECNIC CIA LTDA, 2016)	1	Decremento de la cobertura natural (páramo)
	2	Incremento de cultivos para autoconsumo
	3	Incendios forestales
	4	Presencia de ganado suelto pastoreando
Subcuenca Media (Comité de Conservación de la cuenca del río Machángara, 2018).	1	Decremento de la vegetación nativa por cambio de uso de suelo
	2	Aumentan las áreas degradadas y los mosaicos de cultivos
	3	Parcelación e implementación de minifundios en zonas de vegetación nativa
	4	Especies exóticas, producen problemas relacionados con la sucesión ecológica, dificultad de desarrollo para la biodiversidad, alteración de las propiedades del suelo e incluso se les atribuye efectos alelopáticos(Aguirre Mendoza et al., 2019).
	5	Impactos sobre los procesos y servicios ecológicos a causa de los incendios forestales
	6	Sustitución de bosque andino por cultivos de pasto para ganado bovino
Subcuenca Baja	1	Se incrementan las zonas de uso antrópico por el crecimiento urbano
	2	Desplazamiento de las zonas de pasto y cultivo por el crecimiento poblacional

PUNTOS DE MONITOREOS DE BIODIVERSIDAD (FLORA Y FAUNA):**Tabla 16.** Ubicación de las estaciones de muestreo de avifauna dentro del área de influencia de la Complejo Hidroeléctrico Machángara (DATUM PSAD56).

ESTACIÓN	SITIO	COORDENADAS UTM PSAD56	
		X	Y
P1	Bosque alrededor de la represa de Chanlud,	718651	9703966
P2	Bosque alrededor de la represa de El Labrado,	714736	9698352
P3	Bosque alrededor del reservorio de Tuñi,	720344	9696735
P4	Bosque alrededor de la Complejo Hidroeléctrico de Saucay	720932	9695794
P5	Bosque alrededor de la Complejo Hidroeléctrico de Saymirín.	721741	9690962

Tabla 17. Listado de especies registradas dentro del área de influencia del Complejo Hidroeléctrico Machángara, en las diferentes estaciones de muestreo - 2019.

Orden	Familia	Nombre	P1	P2	P3	P4	P5
Anseriformes	Anatidae	<i>Merganetta armata</i>					1
Falconiformes	Accipitridae	<i>Buteo leucorrhous</i>					1
Falconiformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	1		2		
Galliformes	Cracidae	<i>Penelope montagnii</i>				6	
Charadriiformes	Laridae	<i>Larus serranus</i>	3	5	2		
Columbiformes	Columbidae	<i>Columba fasciata</i>				1	
Columbiformes	Columbidae	<i>Leptotila verreauxi</i>					1
Psittaciformes	Psittacidae	<i>Hapalopsittaca pyrrhops</i>				11	

Strigiformes	Strigidae	<i>Bubo virginianus</i>	1				
Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Caprimulgus longirostris</i>		2			
Apodiformes	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>		2		20	
Trochiliformes	Trochilidae	<i>Adelomyia melanogenys</i>					7
Trochiliformes	Trochilidae	<i>Aglaeactis cupripennis</i>		9	1	2	
Trochiliformes	Trochilidae	<i>Chaetocercus mulsant</i>				1	
Trochiliformes	Trochilidae	<i>Chalcostigma stanleyi</i>	2				
Trochiliformes	Trochilidae	<i>Coeligena iris</i>				2	
Trochiliformes	Trochilidae	<i>Coeligena torquata</i>				1	
Trochiliformes	Trochilidae	<i>Colibri coruscans</i>	2	6	1	2	1
Trochiliformes	Trochilidae	<i>Colibri thalassinus</i>				2	
Trochiliformes	Trochilidae	<i>Eriocnemis vestitus</i>		1	1		
Trochiliformes	Trochilidae	<i>Heliangelus viola</i>	1			3	
Trochiliformes	Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>					1
Trochiliformes	Trochilidae	<i>Metallura tyrianthina</i>		1			
Trochiliformes	Trochilidae	<i>Metallura williami</i>	4	4			
Trochiliformes	Trochilidae	<i>Pterophanes cyanopterus</i>				2	
Piciformes	Picidae	<i>Piculus rivolii</i>				1	
Passeriformes	Furnariidae	<i>Margarornis squamiger</i>	1			1	
Passeriformes	Furnariidae	<i>Pseudocolaptes boissonneautii</i>			2		
Passeriformes	Furnariidae	<i>Synallaxis azarae</i>	1	1	6	12	4
Passeriformes	Formicariidae	<i>Grallaria quitensis</i>	10	1			
Passeriformes	Formicariidae	<i>Grallaria ruficapilla</i>				6	
Passeriformes	Formicariidae	<i>Grallaria rufula</i>	2	6	7		
Passeriformes	Rhinocryptidae	<i>Scytalopus unicolor</i>		5	1	1	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Agriornis montana</i>		1			
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Elaenia albiceps</i>				2	

Passeriformes	Tyrannidae	<i>Mecocerculus leucophrys</i>			3		
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Mecocerculus stictopterus</i>			2	3	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Mionectes striaticollis</i>			6		
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiotheretes fumigatus</i>			5		
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiotheretes striaticollis</i>					3
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Ochthoeca diadema</i>			2		
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Ochthoeca frontalis</i>				2	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Ochthoeca fumicolor</i>	3	2			2
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Ochthoeca rufipectoralis</i>			3		
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Phyllomyias nigrocapillus</i>		2		4	
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pyrrhomyias cinnamomea</i>		2			2
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Sayornis nigricans</i>					5
Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanolyca turcosa</i>	3	3		10	6
Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	4	14	7	23	25
Passeriformes	Cinclidae	<i>Cinclus leucocephalus</i>					1
Passeriformes	Hirundinidae	<i>Notiochelidon murina</i>					6
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Cistothorus platensis</i>	2				
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Henicorhina leucophrys</i>		1			
Passeriformes	Troglodytidae	<i>Troglodytes solstitialis</i>			1	1	
Passeriformes	Parulidae	<i>Basilueterus coronatus</i>			1	4	
Passeriformes	Parulidae	<i>Basilueterus nigrocristatus</i>			2	3	
Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus melanocephalus</i>	8	4	13	28	6
Passeriformes	Thraupidae	<i>Anisognathus igniventris</i>		7	10	2	
Passeriformes	Thraupidae	<i>Diglossa humeralis</i>	3	2	5	2	4
Passeriformes	Thraupidae	<i>Diglossopsis cyanea</i>		3	6	11	5
Passeriformes	Thraupidae	<i>Scytalopus unicolor</i>					2
Passeriformes	Thraupidae	<i>Tangara vassorii</i>				1	

Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus chrysogaster</i>					7
Passeriformes	Emberizidae	<i>Atlapetes latinuchus</i>	6	2	7	23	2
Passeriformes	Emberizidae	<i>Buarremon torquatus</i>		3			
Passeriformes	Emberizidae	<i>Catamenia homochroa</i>			1		
Passeriformes	Emberizidae	<i>Catamenia inornata</i>		6			
Passeriformes	Emberizidae	<i>Phrygilus unicolor</i>		1			
Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>			2	11	5

Tabla 18. Ubicación de transectos, trampas Sherman y redes de neblina instalados para el registro de mamíferos en el área de influencia del Complejo Hidroeléctrico Machángara.

Transectos	Inicio		Final	
	x	y	x	y
MASTOFAUNA				
F1: represa Chanlud	719318	9702836	718641	9703526
F2: Represa El Labrado	714285	9698226	715199	9698687
F3: Tuñi - Chanlud	720280	9696410	718990	9703622
F4: Saucay- Tuñi	720901	9695313	720176	9696355
F5: Saymirín	721855	9689801	721431	9690720
F6: Tuñi – El Labrado	720102	9696375	714325	9698185
MASTOFAUNA	Estaciones (Trampas sherman)			
	X	Y	Elevación	
T1: Chanlud	719265	9702965	3400	
T2: Tuñi	720173	9696317	3389	
T3: El Labrado	714396	9698169	3398	
T4: Saucay	720735	9695379	3017	
T5: Saymirín	721441	9690611	2792	

MASTOFAUNA	Estaciones (redes niebla)		
	X	Y	Elevación
R1: Saymirín	721441	9690611	2792
R2: Saucay	720735	9695379	3017

Tabla 19. Mastofauna de la cuenca del Machángara.

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA UICN
<i>Cuniculus taczanowskii</i>	Sacha cuy	(NT) casi amenazada
<i>Leopardus tigrinus</i>	Tigrillo	(VU) vulnerable
<i>Mazma Rufina</i>	Yamala	(VU) vulnerable
<i>Tremarctos ornatus</i>	Oso de anteojos	(VU) vulnerable
<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Conejo de monte	(VU) vulnerable
<i>Nasuella olivácea</i>	Cuchucho	(DD) datos insuficientes
<i>Pseudalopex culpaeus</i>	Raposo	(LC) preocupación menor
<i>Conepatus semistriatus</i>	Añas	(LC) preocupación menor
<i>Mustela frenata</i>	Chucurillo	(LC) preocupación menor

Tabla 20. Ubicación de las zonas de muestreo de herpetofauna.

Ubicación	Coordenada inicio (UTM)		Coordenada fin (UTM)		Altura (m.s.n.m.)	Nro. especies de anfibios (riqueza)	No. especies de reptiles (riqueza)
	X	Y	X	Y			
Chanlud	718177	9703530	717755	9703500	3525	3	1
El Labrado	713973	9698190	713568	9698288	3458	2	1
Tuñi	719942	9696889	720347	9696894	3601	1	1

Saucay	720545	9695299	720662	9695702	3030	2	1
Saymirín	721508	9690233	721836	9689923	2839	1	0

Tabla 21. Coordenadas de ubicación de transectos y resultados de flora y vegetación.

Flora vegetación	y	X	Y	WGS 84	Familia	Género	Especie
P1		713756E	9697772N	Bosque de la presa El Labrado	11	19	24
P2		714859E	9698005N	Alrededores de la presa El Labrado	10	11	14
P3-A		718422E	9703137N	Páramo de Chanlud	13	21	22
P3-B		713942E	9698170N	Páramo de El Labrado	16	26	27
P4		718026E	9703577N	Alrededores de Chanlud	10	13	18
P5		720232E	9696314N	Bosque Tuñi	15	18	19
P6		720805E	9695589N	Central Hidroeléctrica de Saucay	12	15	18
P7		721386E	9690604N	Central Hidroeléctrica de Saymirín	15	18	18
Chanlud		717983E	9703588N	Páramo de almohadilla	17	24	27
Labrado		713938E	9697834N	Páramo de almohadilla	18	28	31

Tabla 22. Abundancia de familias botánicas en el registro total de especies.

Familia	Especie	Estatus UICN	Ecosistema	Hábito
ASTERACEAE	<i>Diplostephium ericoides</i> (Lam.) Cabrera	LC	Páramo arbustivo	Arbusto
ASTERACEAE	<i>Gynoxys cuicochensis</i> Cuatrec.	NT	Páramo arbustivo	Arbusto
ASTERACEAE	<i>Gynoxys laurifolia</i> (Kunth) Cass.	VU	Bosque	Árbol
ASTERACEAE	<i>Gynoxys miniphylla</i> Cuatrec.	VU	Páramo/Páramo arbustivo	Árbol
ASTERACEAE	<i>Verbesina latisquama</i> S.F. Blake	LC	Bosque	Árbol
GENTIANACEAE	<i>Halenia minima</i> C.K. Allen	NT	Páramo	Hierba
GENTIANACEAE	<i>Halenia serpyllifolia</i> J.S. Pringle	EN	Páramo	Hierba
GROSSULARIACEAE	<i>Ribes lehmannii</i> Jancz.	VU	Páramo arbustivo	Arbusto
MELASTOMATACEAE	<i>Brachyotum jamesonii</i> Triana	VU	Páramo arbustivo	Arbusto

Tabla 23. Monitoreos de vegetación en la cuenca media y alta.

Monitoreos: cuenca media y alta del río Machángara		
Transecto	X	Y
Polylepis 1	715930	9702662
Polillepis 2	716490	9702003
B. altoandino 1	719202	9702000
B. altoandino 2	715105	9698870
Páramo 1	718889	9702027
Páramo 2	714670	9699094

Anexo 6: Modelo de gestión para el manejo integrado de la materia orgánica mediante el uso de biochar en la cuenca del río Machángara.

1. Actores de la cuenca del Machángara

El proyecto propuesto constituye una herramienta dinámica que permanentemente va a requerir ser mejorado o modificado conforme se presentan los resultados durante su implementación. Por ello ha sido necesario identificar los actores clave de la cuenca para conocer el interés, la importancia y la influencia que estos tienen sobre el territorio (Anexo 1). Conseguir su participación y apoyo en las actividades estratégicas planificadas será fundamental para fortalecer el desarrollo del proyecto. Del análisis de información levantada en estudios de consultoría y de la experiencia en la gestión ambiental que tiene el Comité de Conservación de la Cuenca del Río Machángara conformado desde el año 1998, se verificó que existen diversos actores que inciden en la cuenca del Machángara, siendo el más importante este último, el cual lleva más de 20 años de gestión en este territorio y está conformado por organismos públicos, privados y de la comunidad local (Figura 14).

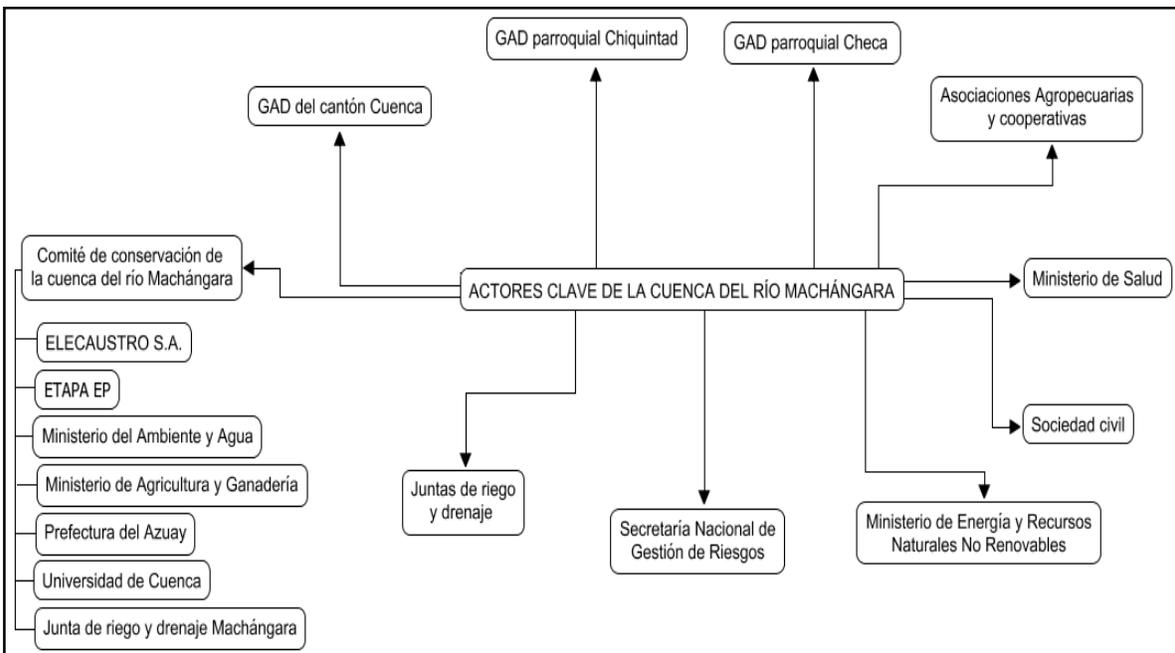


Figura 14. Actores clave que interactúan en la cuenca del río Machángara. El comité de conservación de la cuenca del río Machángara es uno de los principales puesto que está conformado por varias instituciones que coordinan su gestión dentro del territorio.

2. Modelo de gestión: Aprovechamiento de la biomasa vegetal mediante el uso de la tecnología biochar

El modelo de gestión propuesto busca establecer los mecanismos para implementar un proyecto fundamentado en el aprovechamiento de la biomasa disponible en la cuenca del río Machángara, con el fin de promover actividades de desarrollo sostenible relacionadas con el mejoramiento de suelos, incremento de la productividad, restauración de áreas degradadas y reducir el empleo de agroquímicos, mediante el uso de la tecnología biochar.

2.1 Misión

Implementar y articular al plan de manejo integral, un modelo de gestión ambiental sostenible a través de la determinación, clasificación y manejo de la biomasa arbórea disponible en la cuenca del río Machángara mediante el uso de la tecnología biochar, para mejorar la calidad de vida de sus pobladores y contribuir con el mejoramiento de los suelos, el incremento de la productividad y la restauración de áreas degradadas, con la participación activa de todos los actores que forman parte de esta cuenca.

2.2 Visión

El modelo de gestión ambiental basado en el aprovechamiento de la biomasa a través de la tecnología biochar, se constituye para la cuenca del río Machángara y sus habitantes en una herramienta accesible, eficiente y eficaz que impulsa la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad, la recuperación de espacios naturales degradados y previene el daño ambiental.

2.3 Objetivo General

Gestionar la biomasa disponible en las zonas de mayor producción de hojarasca para elaborar el biochar que será incorporado como enmienda de suelo para promover la conservación de los recursos naturales y la producción sostenible, a través de la articulación de estrategias y actores del territorio.

2.4 Objetivos Específicos

- Establecer líneas de trabajo que permitan el desarrollar el modelo de gestión basado en el uso de la tecnología biochar y en el aprovechamiento selectivo de los recursos naturales (biomasa) sin afectar a zonas ecológicas frágiles.
- Promover la participación activa de los actores involucrados en la cuenca del río Machángara, a través de alternativas de desarrollo que resultan accesibles para la población local y que permitan mejorar su calidad de vida a través de la conservación de los ecosistemas.
- Impulsar prácticas productivas ecológicas mediante el aprovechamiento de la biomasa disponible en la cuenca hidrográfica para generar ingresos económicos a través de la comercialización de productos libres de compuestos agroquímicos.
- Brindar un soporte tecnológico a las actividades de trabajo de campo con el propósito de facilitar la toma de decisiones relacionadas con el manejo de la biomasa

2.5 Articulación del modelo de gestión al plan de manejo integral de la cuenca del río Machángara

El modelo de gestión basado en el uso de la tecnología biochar se vincula al plan de manejo de la cuenca del río Machángara a través de los programas: Ecología, Difusión y Comunicación Social, Educación Ambiental y Relaciones Comunitarias. En estos programas, existen proyectos que son compatibles con la alternativa de gestión propuesta (Figura 15). El proceso de articulación está enfocado en garantizar un óptimo desempeño de las actividades de trabajo con el fin de asegurar los resultados de gestión deseados.

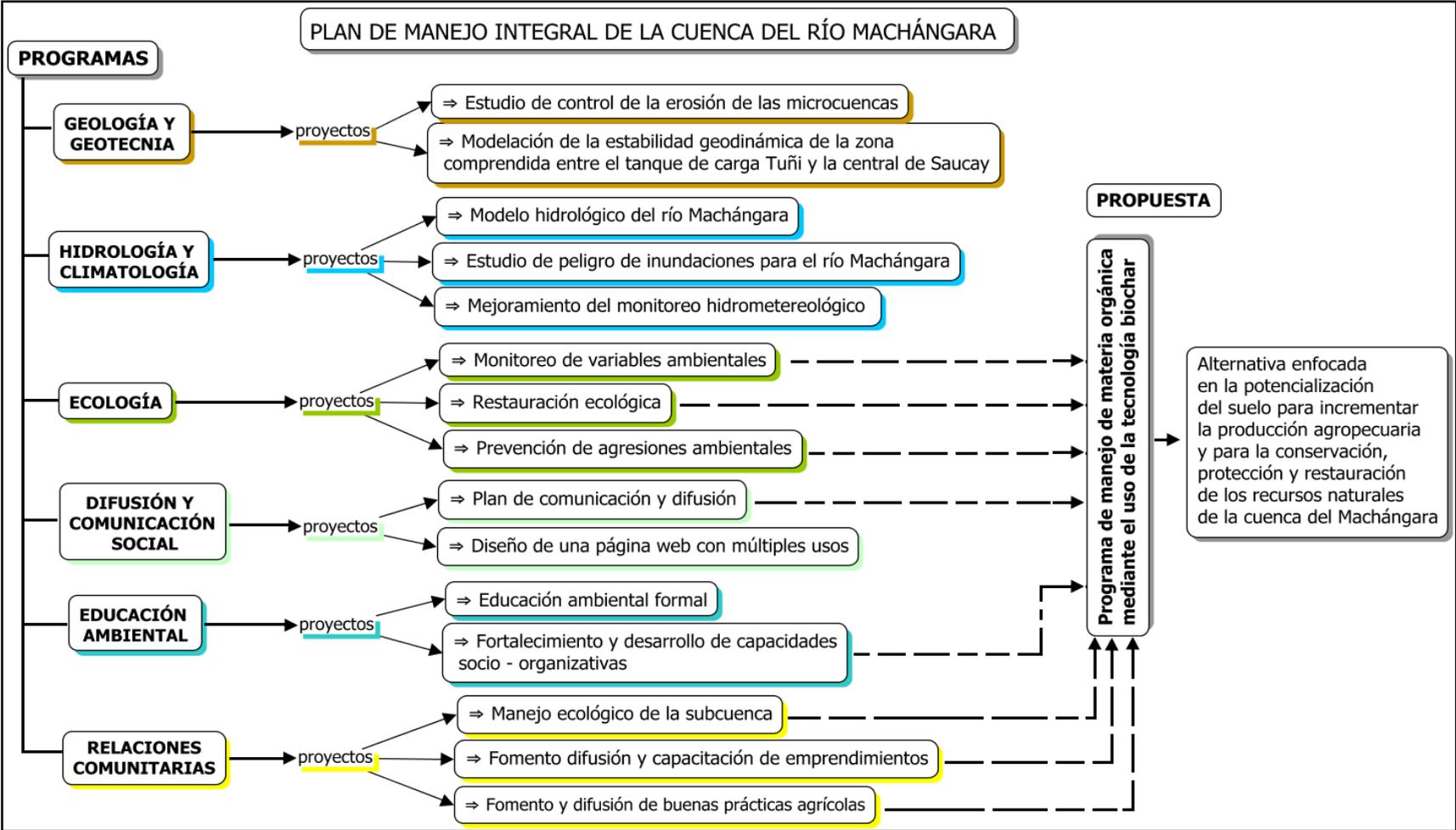


Figura 15. El modelo de gestión propuesto se pretende articular al plan de manejo integral de la cuenca del Machángara a través de estrategias implementadas en los proyectos de los programas: ecología (verde), difusión y comunicación social (celeste), educación ambiental (azul) y relaciones comunitarias (amarillo).

Para la articulación al programa de ecología, las variables construidas se enfocan en la conservación de la cuenca hídrica y están asociadas a elementos claves para mantener la calidad de los recursos naturales.

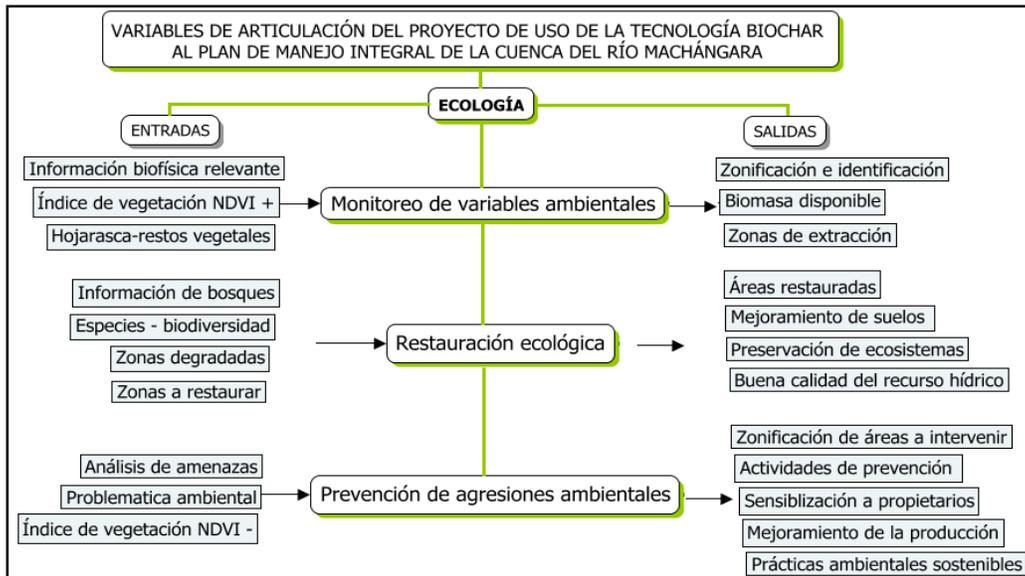


Figura 16. Aspectos (entradas y salidas) que deben ser considerados para la articulación del modelo de gestión propuesto con los proyectos del programa de ecología

Las variables de articulación al proyecto del programa de difusión y comunicación social, han sido diseñadas con el propósito de generar interés en los actores de la cuenca y lograr la aceptación de la alternativa de gestión planteada.



Figura 17. Aspectos (entradas y salidas) que deben ser considerados para la articulación del modelo de gestión propuesto con el proyecto del programa de difusión y comunicación social.

El programa de educación ambiental contiene variables que se articulan al modelo diseñado a través de la generación y transmisión de conocimiento. El objetivo es dar a conocer una herramienta que puede combinarse con las prácticas organizativas tradicionales que se desarrollan en la localidad.

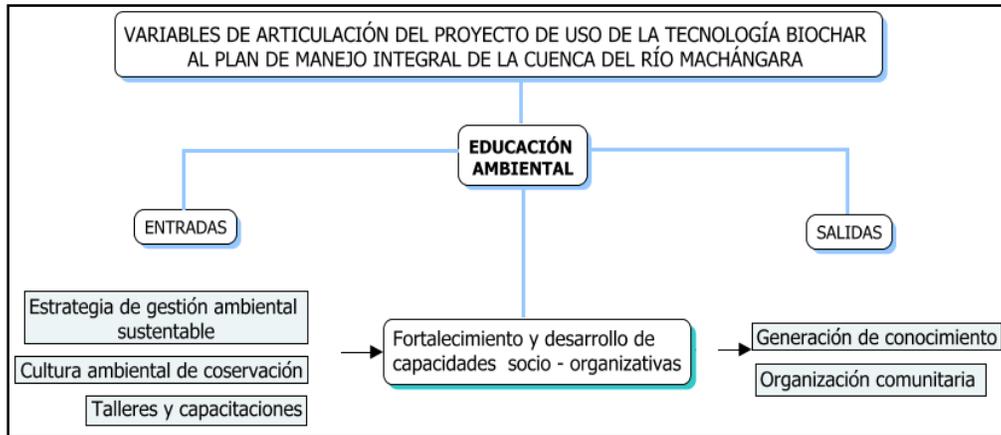


Figura 18. Aspectos (entradas y salidas) que deben ser considerados para la articulación del modelo de gestión propuesto con el proyecto del programa de educación ambiental.

Las variables de articulación al programa de relaciones comunitarias buscan fortalecer el trabajo comunitario para reducir esfuerzos mediante la coordinación de actividades y así generar mayores beneficios a los habitantes.



Figura 19. Aspectos (entradas y salidas) que deben ser considerados para la articulación del modelo de gestión propuesto con los proyectos del programa de relaciones comunitarias.

2.6 Proceso de implementación del modelo de gestión

MODELO DE GESTIÓN: MANEJO DE MATERIA ORGÁNICA MEDIANTE EL USO DE LA TECNOLOGÍA BIOCHAR EN LA CUENCA DEL MACHÁNGARA

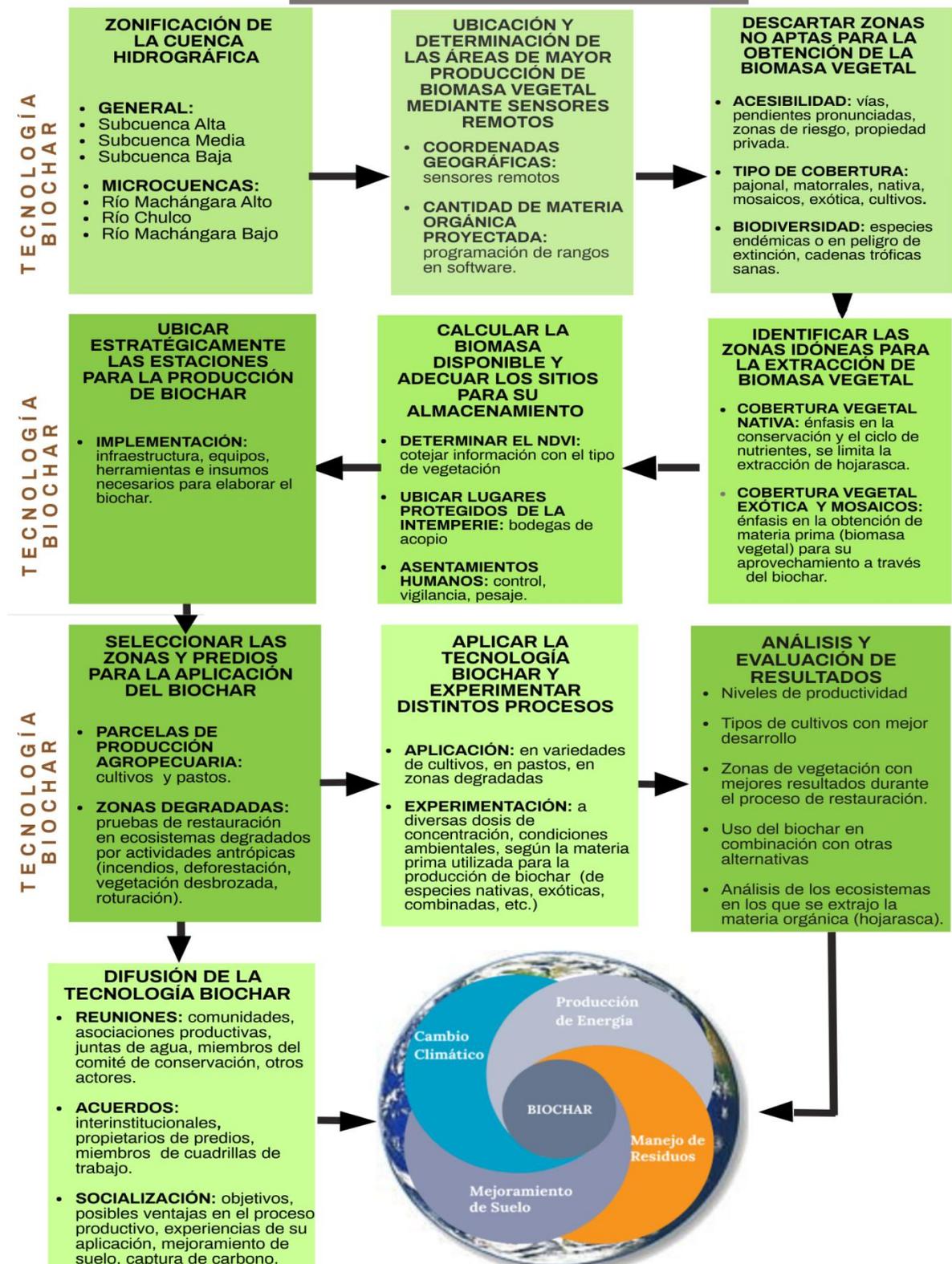


Figura 20. Proceso para la implementación del modelo de gestión basado en la tecnología biochar.

2.7. Proceso de ejecución: Ejes estratégicos y actividades de trabajo

Los ejes estratégicos y sus actividades constituyen el conjunto de acciones orientadas a fortalecer el programa de gestión planteado para la cuenca del río Machángara. Su ejecución permitirá alcanzar los resultados implícitos en la misión del modelo de gestión planteado. Las actividades que se han planteado para desarrollar el proyecto de aprovechamiento de la biomasa vegetal se apoyan los ejes: ambiental, social, económico y tecnológico (Figura 21).

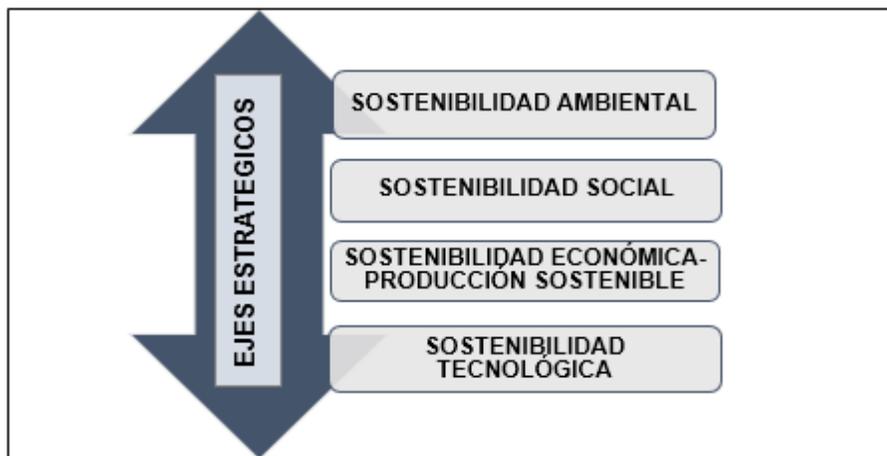


Figura 21. Ejes estratégicos del modelo de gestión propuesto para el aprovechamiento de la biomasa vegetal de la cuenca del río Machángara.

2.7.1 Sostenibilidad ambiental.

En este eje se contemplan líneas de trabajo que permitan la articulación del uso de la tecnología biochar para la gestión sostenible de los recursos naturales en las distintas zonas de la cuenca hidrográfica del río Machángara, aprovechando eficientemente la materia orgánica disponible para desarrollar sistemas productivos amigables con el ambiente.

Actividades	
Sostenibilidad ambiental.	1A Sistematizar el aprovechamiento de la biomasa vegetal de zonas apropiadas respetando el ciclo de nutrientes y el deterioro ambiental de coberturas frágiles.
	2A Sistematizar la ocupación del suelo apto para la producción agropecuaria y levantar un catastro de los predios en los que se puede implementar un plan piloto de producción agrícola y mejoramiento de pastos que involucre el uso de biochar con perspectiva en la conservación y protección de los recursos naturales.

	3A Determinar las zonas que han sido afectadas por incendios forestales, talas, desbroce, roturación de cobertura vegetal, etc., y que puedan ser restauradas, mediante la aplicación de biochar.
	4A Promover la elaboración y aplicación de biochar con fines de conservación y productivos, por medio de talleres, capacitaciones, asistencia técnica, organización de cuadrillas (voluntarios) y asignación de presupuesto.
	5A Fortalecer el desarrollo de la tecnología biochar mediante investigaciones relacionadas con su utilización en combinación con otras alternativas sostenibles como los microorganismos eficientes y fertilizantes orgánicos, para la producción de cultivos tradicionales en sustitución de los fertilizantes químicos.

2.7.2 Sostenibilidad social.

Contiene líneas dirigidas a generar un incremento equitativo en la productividad y buscar un equilibrio social a través de la introducción de alternativas accesibles a la población, que faciliten la ejecución y planificación de actividades productivas para mejorar la calidad de vida de los pobladores.

Actividades	
Sostenibilidad Social	1S Contactar a los líderes o dirigentes de las comunidades y asociaciones dedicadas a la producción de cultivos para dar a conocer el programa de gestión ambiental sostenible basado en el uso del biochar y las posibles ventajas de su aplicación.
	2S Negociar con los propietarios de predios o fincas dedicados a la producción de cultivos y pastoreo para que permitan el desarrollo de un proceso experimental de aplicación de la tecnología biochar en una parte de sus procesos, con el propósito de comparar los niveles productivos usando esta alternativa en la producción.
	3S Difundir y socializar a través de diversos canales de información, los posibles beneficios de la propuesta del programa de gestión ambiental basado en el uso del biochar para generar interés en los actores de la cuenca.
	4S Trabajar con grupos de asociaciones comunitarias para buscar su vinculación, apoyo y participación en el proceso de elaboración y aplicación de la tecnología biochar.

2.7.3 Sostenibilidad económica – producción sostenible.

Se plantean actividades orientadas a generar un beneficio económico que posibilite el bienestar de toda la comunidad que habita la cuenca del río Machángara, a través de la aplicación de prácticas productivas sostenibles que utilizan los recursos existentes en la zona para obtener un producto natural que fortalezca la seguridad alimentaria y a la vez ayude a mantener un medio ambiente ecológico libre de productos químicos.

Actividades	
Sostenibilidad económica – producción sostenible	1E Generar empleos verdes a través de la conformación de cuadrillas especializadas en el proceso de obtención y aplicación del biochar. El material elaborado será utilizado en los predios seleccionados y que han dado paso al uso de esta tecnología en sus procesos productivos durante la fase experimental.
	2E Establecer mecanismos de mercado para favorecer la comercialización de los productos agropecuarios que fueron producidos con tecnología biochar por familias o asociaciones de la cuenca.
	3E Plantear incentivos a la producción agrícola ecológica.
	4E Dotar de implementos y equipos óptimos que permitan el control del proceso de elaboración del biochar para obtener un producto de calidad de acuerdo a las necesidades de uso.

2.7.4 Sostenibilidad tecnológica

Se proponen líneas de trabajo que permiten incluir el aporte tecnológico para apoyar las actividades de gestión que deben realizarse en campo. A través de este eje estratégico se puede obtener una visión previa de las condiciones del sitio de estudio, facilitando la toma de decisiones previas al trabajo de campo.

Actividades	
Sostenibilidad Tecnológica – soporte	1T Identificar a través de los sensores remotos satelitales los puntos de mayor generación de materia orgánica (hojarasca) para su posterior gestión y manejo.
	2T Proyectar la cantidad de biomasa anual disponible en función del rango de programación numérica (NDVI).
	3T Visualizar y establecer las posibles rutas de acceso a las zonas de recolección.
	4T Prever mediante el software (sensores remotos) el tipo de cobertura vegetal, su posible estado de conservación y ubicación dentro de la cuenca.

2.8 Metas e indicadores del modelo de gestión

A partir de las actividades de trabajo planteadas para el desarrollo del modelo de gestión, se identifican los involucrados responsables del desempeño de los ejes estratégicos. Las variables de articulación del proyecto son monitoreadas por medio de indicadores y metas de cumplimiento que fiscalizan el avance progresivo de actividades trazadas a corto, mediano o largo plazo. (Parámetros sujetos a modificaciones)

Estrategia	Actividad	Responsable	Financiamiento	Variables del proyecto (entradas)	Indicador	Meta	Plazo		
							C	M	L
Sostenibilidad Ambiental	1A	Ministerio del Ambiente y Agua. Ministerio de Agricultura y ganadería. ETAPA EP. ELECAUSTRO S.A	GAD Cantón Cuenca. GAD Parroquiales. Comité de Conservación de la cuenca del Machángara.	<ul style="list-style-type: none"> • Información Biofísica relevante. • Índice de vegetación NDVI + • Especies biodiversidad. • Hojarasca – restos vegetales. 	% de área disponible para aprovechamiento.	Contar con un proyecto listo para el aprovechamiento de la biomasa.		X	
	2A	Ministerio del Ambiente y Agua. Ministerio de Agricultura y ganadería. Comité de conservación de la cuenca del río Machángara.	GAD Cantón Cuenca. GAD Parroquiales. Ministerio del Ambiente y Agua. Ministerio de Agricultura y ganadería.	<ul style="list-style-type: none"> • Información de bosque. • Zonas degradadas. • Zonas a restaurar. 	% de suelos para producción agropecuaria. No. De predios disponibles para implementar plan piloto.	Zonificar y conocer los terrenos disponibles para las actividades planteadas.		X	
	3A	Ministerio del Ambiente y Agua. ETAPA EP.	Ministerio del Ambiente y Agua. ETAPA EP.	<ul style="list-style-type: none"> • Zonas degradadas. • Zonas a restaurar. • Problemática ambiental. 	% de área de territorio que ha sido afectado por actividades antrópicas y naturales.	Recuperar terrenos mediante la aplicación del biochar.			X

	4A	Ministerio del Ambiente y Agua. ETAPA EP. Comité de conservación de la cuenca del río Machángara.	Comité de conservación de la cuenca del río Machángara.	<ul style="list-style-type: none"> Talleres y capacitaciones. Proyectos a implementar. Generación de empleo local. Ventajas de la productividad. 	No. de comuneros capacitados sobre el tema.	Que todos los actores internos como externos tengan conocimiento del tema.	X		
	5A	Comité de conservación de la cuenca del río Machángara. GAD Parroquiales. Prefectura del Azuay. Universidades.	Prefectura del Azuay.	<ul style="list-style-type: none"> Accesibilidad a la tecnología biochar. Proyectos a implementar. 	No. de estudios que cooperen a la introducción de tecnología biochar.	Que el avance y alcance de la tecnología biochar este en constante desarrollo.			X
Sostenibilidad Social	1S	Comité de conservación de la cuenca del río Machángara. Asociaciones Agropecuarias y cooperativas.	Comité de conservación de la cuenca del río Machángara.	<ul style="list-style-type: none"> Socialización de experiencias previas. Beneficios ambientales y económicos. Cultura Ambiental de conservación. 	No. de personas capacitadas sobre el programa de gestión ambiental que contempla el uso de biochar.	Comuneros y habitantes del sector conocerán todo lo relacionado con el programa de gestión propuesto.	X		
	2S	Comité de conservación de la cuenca del río Machángara. Asociaciones Agropecuarias y cooperativas.	Comité de conservación de la cuenca del río Machángara. Asociaciones Agropecuarias y cooperativas.	<ul style="list-style-type: none"> Socialización de experiencias previas. Ventajas en la productividad. Proyectos a implementar. 	No. de predios que se acogen al plan piloto de aplicación de la tecnología biochar.	Comparar la aplicación de esta nueva tecnología con tecnologías tradicionales de la zona.			X

	3S	Comité de conservación de la cuenca del río Machángara.	ETAPA EP. ELECAUSTRO S.A	<ul style="list-style-type: none"> Beneficios ambientales y económicos. Socialización de experiencias previas. Apoyo a sectores productivos. 	No. de actividades realizadas con el objetivo de socializar los beneficios del programa de gestión propuesto	Que todos los actores se entren de la propuesta y apoyen de distinta manera esta metodología.	X		
	4S	Comité de conservación de la cuenca del río Machángara. Asociaciones Agropecuarias y cooperativas. GAD Parroquiales. Comunidades.	Comité de conservación de la cuenca del río Machángara.	<ul style="list-style-type: none"> Creación de asociaciones. Equipos de trabajo. Biomasa disponible (stock). 	No. de comunidades que apoyaran y participaran a la implantación de esta tecnología.	Encontrar el apoyo necesario para la implementación de la tecnología biochar.	X		
Sostenibilidad Económica	1E	Comité de conservación de la cuenca del río Machángara. GAD Parroquiales.	Comité de conservación de la cuenca del río Machángara.	<ul style="list-style-type: none"> Generación de empleo local. Beneficios ambientales y económicos. Técnicas de producción sostenible. 	% de empleos generados a través de la implementación de esta nueva tecnología.	Buscar mano de obra local para el proceso de obtención de biochar.		X	
	2E	Comité de conservación de la cuenca del río Machángara. GAD Parroquiales. Prefectura del Azuay.	Prefectura del Azuay.	<ul style="list-style-type: none"> Beneficios ambientales y económicos. Proyectos a implementar. 	% de biochar generado que será destinado para el mercado.	Generar biochar y dar a conocer al resto de comunidades sobre el trabajo que se lleva a cabo en la zona.			X

	3E	Ministerio del Ambiente y Agua. ETAPA EP. Comité de conservación de la cuenca del río Machángara.	ETAPA EP. ELEAUSTRO S.A.	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de empleo local. • Beneficios ambientales y económicos. 	No. de incentivos otorgados a los que se dediquen a la producción agrícola sostenible.	Motivar al uso de la tecnología biochar a los comuneros del sector.		X	
	4E	Comité de conservación de la cuenca del río Machángara.	Prefectura del Azuay.	<ul style="list-style-type: none"> • Accesibilidad a la tecnología biochar. • Técnicas de producción sostenible. 	No. de equipos e implementos que se utilizan en el proceso de obtención del biochar.	Contar con todas las tecnologías que se encuentren al alcance para la obtención de biochar.		X	
Sostenibilidad Tecnológica	1T	Comité de conservación de la cuenca del río Machángara. La Universidad.	La Universidad. Prefectura del Azuay. ETAPA EP.	<ul style="list-style-type: none"> • Biomasa disponible. • Hojarasca – restos vegetales. 	% de área que genera mayor cantidad de materia orgánica.	Gestionar de manera adecuada la biomasa que se tenga disponible.		X	
	2T	Comité de conservación de la cuenca del río Machángara. La Universidad.	La Universidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de vegetación NDVI. • 	Cantidad de biomasa disponible para el aprovechamiento.	Tener una cantidad estimada de biomasa que será utilizada para el proceso de obtención de biochar.		X	
	3T	Comité de conservación de la cuenca del río Machángara.	Comité de conservación de la cuenca del río Machángara.	<ul style="list-style-type: none"> • Accesibilidad a la tecnología biochar. • Proyectos a implementar. 	No. de rutas disponibles para el acceso hacia la zona de producción de materia orgánica.	Facilitar el acceso a la zona de producción de materia orgánica.	X		
	4T	Comité de conservación de la cuenca del río Machángara	La Universidad	<ul style="list-style-type: none"> • Información de bosque. • Zonas degradadas. • Uso de suelo. 	Tipo de cobertura predominante. % de área de conservación.	Conocer en su totalidad el área de aprovechamiento de la biomasa.		X	

2.9 Sistema de seguimiento y evaluación del modelo de gestión

Con el seguimiento y evaluación del modelo de gestión se pueden establecer las necesidades de mejora o tareas correctivas enfocadas hacia los ejecutores de las actividades estratégicas de trabajo. El propósito es evaluar la eficiencia y eficacia del trabajo desarrollado. Para ello, se debe contar con los registros de monitoreos, indicadores y metas alcanzadas. Para un menor sesgo en los resultados, la aplicación del sistema de seguimiento y evaluación debe ser realizada externamente, es decir por instituciones o actores que no han sido parte de la ejecución del proyecto. Los datos finales permitirán la toma de decisiones técnicas para intervenir oportunamente y dentro de los plazos de ejecución de la alternativa de gestión. (Parámetros sujetos a modificaciones)

Estrategia	Actividad	VARIABLES del proyecto (salidas)	Medio de verificación	Periodo de verificación	Periodicidad de evaluación
Sostenibilidad Ambiental	1A	<ul style="list-style-type: none"> Zonificación e identificación. Biomasa disponible. Zona de extracción. 	Levantamiento geográfico (mapa) de áreas disponibles.	3 meses después de la socialización del plan.	Semestral
	2A	<ul style="list-style-type: none"> Áreas a restaurar. Preservación de ecosistemas. Mejoramiento de suelos. 	Catastro de predios dispuestos a formar parte del plan piloto.	3 meses después de la socialización del plan.	Semestral
	3A	<ul style="list-style-type: none"> Sensibilización a propietarios. Actividades de prevención. Mejoramiento de suelos. 	Levantamiento geográfico (mapa) de áreas que pueden ser restauradas	3 meses después de la socialización del plan.	Semestral
	4A	<ul style="list-style-type: none"> Generación de conocimientos. Interés colectivo. Participación e involucramiento. 	Registro de asistencia a talleres. Registro fotográfico.	1 mes después de la socialización del plan.	Semestral
	5A	<ul style="list-style-type: none"> Acuerdos y convenios con los actores. Temas de investigación. 	Estudios con biochar que han sido presentados como alternativas de	3 meses después de la socialización del plan.	Semestral

			sustitución de fertilizantes químicos.		
Sostenibilidad Social	1S	<ul style="list-style-type: none"> Participación involucramiento. Generación de conocimientos. 	e de Registro de asistencia de personas (comuneros) capacitados. Registro fotográfico.	1 mes después de la socialización del plan.	Semestral
	2S	<ul style="list-style-type: none"> Organización comunitaria. Interés colectivo. Participación involucramiento. 	e de Actas de acuerdo compromiso entre los dueños de los predios y las personas que implementaran el proceso experimental.	1 mes después de la socialización del plan.	Semestral
	3S	<ul style="list-style-type: none"> Interés colectivo. Organización comunitaria. Participación involucramiento. 	e de Cuñas radiales. Boletines informativos.	1 mes después de la socialización del plan.	Semestral
	4S	<ul style="list-style-type: none"> Beneficios socio económicos. Interés colectivo. 	- de Actas de acuerdo compromiso con las comunitarias que apoyaran en la propuesta.	1 mes después de la socialización del plan.	Semestral
Sostenibilidad Económica	1E	<ul style="list-style-type: none"> Interés colectivo. Mejor calidad de vida. Mayores ingresos económicos. 	e de Contratos laborales de los comuneros de la zona que han conseguido trabajo a través de esta propuesta.	3 meses después de la socialización del plan.	Semestral
	2E	<ul style="list-style-type: none"> Participación involucramiento. Interés colectivo. Comercialización de productos. 	e de Contratos con marketing que permitirán que el producto sea conocido y comercializado.	12 meses después de la socialización del plan.	Anual

	3E	<ul style="list-style-type: none"> • Organización comunitaria. • Interés colectivo. • Prácticas ambientales sostenibles. 	Encuesta de los Beneficios recibidos por las personas que se acogieron a esta propuesta.	12 meses después de la socialización del plan.	Anual
	4E	<ul style="list-style-type: none"> • Participación e involucramiento. • Incremento de productividad. • Beneficio socio – económico. 	Inventario de los equipos que cuentan para la producción del biochar.	12 meses después de la socialización del plan.	Anual
Sostenibilidad Tecnológica	1T	<ul style="list-style-type: none"> • Zonificación e identificación. • Zonas de extracción. 	Mapas elaborados donde se identifique áreas de mayor producción de materia orgánica.	3 meses después de la socialización del plan.	Anual
	2T	<ul style="list-style-type: none"> • Biomasa disponible. 	Informe analítico de la cantidad de biomasa que se prevé conseguir.	12 meses después de la socialización del plan.	Anual.
	3T	<ul style="list-style-type: none"> • Organización comunitaria. • Zonificación de áreas a intervenir. 	Mapa de rutas de acceso a las áreas de recolección me materia orgánica.	3 meses después de la socialización del plan.	Semestral
	4T	<ul style="list-style-type: none"> • Zonificación e identificación. • Preservación de ecosistemas. • Conservación de recursos naturales. 	Mapa actualizado del tipo de cobertura y el estado de conservación.	3 meses después de la socialización del plan.	Semestral