

Determinación de zonas potenciales para sistemas silvopastoriles en la subcuenca Manchaguala, Reserva del Merendón, Cortés

Angie Susett Grádiz Menjivar

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2020

ZAMORANO
CARRERA DE AMBIENTE Y DESARROLLO

Determinación de zonas potenciales para sistemas silvopastoriles en la subcuenca Manchaguala, Reserva del Merendón, Cortés

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Ambiente y Desarrollo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Angie Susett Grádiz Menjivar

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2020

Determinación de zonas potenciales para sistemas silvopastoriles en la subcuenca Manchaguala, Reserva del Merendón, Cortés

Angie Susett Grádiz Menjivar

Resumen. Los sistemas silvopastoriles generan múltiples beneficios económicos y ambientales, lo cual ha incentivado a que se implementen cada vez más en fincas ganaderas. San Pedro Sula, cuenta con un área protegida, siendo esta, la Zona de Reserva del Merendón (ZRM). Las áreas protegidas requieren prácticas agroecológicamente sostenibles, por lo que los sistemas silvopastoriles son una alternativa. El plan de manejo de la ZRM no contempla estos sistemas en sus programas, por lo que, en este estudio se determinaron las zonas potenciales al establecimiento de sistemas silvopastoriles en la subcuenca Manchaguala. Se realizó la zonificación de la subcuenca basada en la Ley Forestal de Honduras para el manejo de fuentes de agua y zonas de protección hidrológica. Además, se caracterizaron las áreas actuales destinadas a la ganadería por medio de análisis territoriales utilizando Sistemas de Información Geográfica. Se seleccionaron dos áreas prioritarias dentro de las franjas de protección para implementar los sistemas, contando con 1,537 hectáreas y las áreas potenciales fuera de las franjas con 1,484 hectáreas. Para enriquecer el estudio, se realizó una consulta a actores clave y con esto, se propusieron distintos arreglos silvopastoriles para estas áreas. Para la propuesta, se realizó el diseño y se determinaron los costos por unidad de área tomando como base una manzana de terreno. El establecimiento de árboles dispersos en potreros, bancos forrajeros y cercas vivas, podría tener un efecto positivo en la productividad ganadera y en la conservación de la cobertura vegetal, suelos y mejora en la calidad del agua.

Palabras clave: Agroecología, ganadería sostenible, sistemas de información geográfica.

Abstract. Silvopastoral systems generate multiple economic and environmental benefits, which has led to increased implementation on cattle farms. The municipality of San Pedro Sula, in Cortés, Honduras, includes a protected area, the Merendón Reserve Zone (ZRM, by its Acronym in Spanish). In most cases, protected areas require ecologically sustainable practices for agricultural and livestock operations, which is why agroecological practices such as silvopastoral systems should be proposed in order to improve the conditions of these areas. The ZRM management plan does not include silvopastoral systems in its programs, therefore, in this study the potential areas for the establishment of silvopastoral systems in the Manchaguala sub-basin of the ZRM were determined. The sub-basin zoning was carried out based on the Honduran Forest Law and its regulations for water source management and hydrological protection zones. In addition, the current areas used for livestock were identified by means of territorial analysis using Geographic Information Systems. Two priority areas were determined, one within buffer zones with 1,537 hectares, and another beyond the buffer zones with 1,484 hectares. To enrich the study, key stakeholders were consulted with proposals for different silvopastoral arrangements. For the proposals, designs and costs per unit area were presented based on an area of one manzana (approximately 0.5 hectares). The establishment of scattered trees, forage banks, and living fences in pastures could have a positive effect on livestock productivity and on conservation of vegetation cover, soils, and water quality.

Key words: Agroecology, sustainable livestock, geographic information systems.

ÍNDICE GENERAL

Portadilla	i
Página de Firmas	ii
Resumen	iii
Índice General	vi
Índice de Cuadros, Figuras y Anexo	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES.....	31
5. RECOMENDACIONES.....	32
6. LITERATURA CITADA.....	33
7. ANEXO.....	39

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXO

Cuadros	Página
1. Rangos de pendiente (Rosales, 1988; Oyuela, 1996).....	6
2. Rango de elevaciones.	6
3. Clasificación por aptitud de suelo en función de la profundidad efectiva (Singer y Ewing, 2000).	6
4. Área ocupada por rangos de pendiente.	14
5. Área ocupada por rangos de elevación.	16
6. Área ocupada por tipo de suelo.	18
7. Arreglos de sistemas silvopastoriles según las áreas establecidas.	22
8. Estimación de costos para el establecimiento de 500 metros de división de potreros junto con cercas vivas.	23
9. Estimación de costos para reemplazar una manzana de pasto natural por <i>Brachiaria humidicula</i>	25
10. Estimación de costos para la implementación de árboles dispersos en potrero de una manzana de Teca y Guamo.	26
11. Arreglo de sistema silvopastoril intensivo de pastoreo-ramoneo.....	28
12. Estimación de costos para el establecer un arreglo silvopastoril de ramoneo de una manzana.	29
13. Estimación de costos para la implementación de una manzana de bancos forrajeros con <i>Cratylia diversifolia</i>	30

Figuras	Página
1. Localización de la zona de estudio.	3
2. Mapa de ubicación de subcuenca Manchaguala.	8
3. Mapa de usos y coberturas de la subcuenca Manchaguala.	9
4. Mapa de orden de los cauces.	10
5. Mapa de franjas de protección hídrica de la subcuenca Manchaguala.	11
6. Mapa de zonificación por altitud de la subcuenca Manchaguala.	12
7. Mapa de pastos y cultivos según la división por altitud.	13
8. Mapa de rangos de pendientes.	14
9. Mapa de pendientes en área de pastos de la subcuenca Manchaguala.	15
10. División de altitud de la subcuenca Manchaguala.	16
11. Mapa de tipos de suelo en la subcuenca Manchaguala.	17
12. Mapa de zonas potenciales y áreas prioritarias a sistemas silvopastoriles.....	19
13. Arreglo silvopastoril de cercas vivas.	24
14. Arreglo silvopastoril de árboles dispersos.	27
15. Arreglo silvopastoril de ramoneo multiestrato.	28

1. Instrumento para consulta a actores clave de la subcuenca Manchaguala.....	39
---	----

1. INTRODUCCIÓN

Honduras cuenta con una abundante riqueza de recursos naturales y estos proveen diversos servicios ambientales. Sin embargo, cada vez más se deterioran y esto provoca una alta preocupación en la población (Mejía, Morel, López y Martínez, 2005). Los recursos naturales se ven afectados por las malas prácticas en su uso y manejo, especialmente en el recurso hídrico. A pesar de que el recurso hídrico brinda diversas aportaciones y servicios ecosistémicos, estos están sujetos a una alta tasa de degradación debido a las actividades antropogénicas que afectan la calidad y cantidad de agua (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza [CATIE], 2017). Entre estas actividades, se encuentra la ganadería tradicional.

En Honduras, San Pedro Sula es la segunda ciudad de mayor importancia, debido a su desarrollo socioeconómico y a la vez requiere de mayor recurso hídrico para suplir las demandas de la población, debido al tamaño de ella. La ciudad se encuentra distribuida en dos áreas principales: El sector de la cordillera del Merendón en la parte oeste y la zona del Valle de Sula en donde se ubican las áreas urbanas de San Pedro Sula y Cofradía. La zona de la Cordillera del Merendón, según el decreto 46 - 90, fue declarada Zona de Reserva del Merendón (ZRM) y se considera como Zona Productora de Agua en la parte oeste incorporada en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. A pesar del estatus legal de protección, la ZRM experimenta una alta degradación, sobre todo en las áreas con mayor extensión territorial (Betancourt y Ramos, 2017).

La ZRM se ubica entre nueve cuencas principales, siendo la subcuenca Manchaguala la de mayor importancia, debido a que su área representa el 28.89% del área protegida (Cooperativa Mixta Juvenil, 2014). Así mismo por ser la principal abastecedora de agua para la comunidad de Cofradía. Sin embargo, los pobladores de la zona media y alta de la subcuenca de Manchaguala perciben una alta degradación dentro de la subcuenca, ya que consideran que hubo una reducción considerable del agua y se aumentaron las fuentes de contaminación y la vulnerabilidad de los suelos que podrían propiciar derrumbes y deslizamientos. Así mismo, consideran que el agua está siendo afectada por la deforestación y agricultura tradicional, generando una alta cantidad de sedimentos (CATIE, 2017).

La subcuenca ha sido afectada por la presión causada por el crecimiento poblacional, trayendo como consecuencias la degradación de suelo, la pérdida de hábitats naturales y una disminución considerable de plantas y animales silvestres. La presión ejercida por los aproximados 6,000 pobladores de la zona media y alta de la subcuenca, no solo han ocupado las tierras que no son aptas para la agricultura y ganadería, sino también las zonas protegidas y forestales (Cooperativa Mixta Juvenil, 2014). El cambio de uso de suelo y las prácticas insostenibles generadas por las actividades antropogénicas, son factores que amenazan la seguridad hídrica de los distintos usuarios de San Pedro Sula y Cofradía (Betancourt y Ramos, 2017).

Los ecosistemas naturales en el mundo han mostrado grandes impactos ambientales constantes, en donde muchas veces se le atribuye a la ganadería y ha sido catalogada como una de las causas de estos impactos (Galindo et al., 2003; Kaimowitz, 1996.). Se estima que en Centroamérica aproximadamente un 46% del territorio se encuentra ocupado por pastos, siendo uno de los usos de mayor importancia (Murgueitio et al., 2003). En la subcuenca Manchaguala, alrededor de un

46% de la misma, se encuentra destinado a la agricultura y ganadería, por lo que la degradación de la subcuenca es alta (World Wildlife Fund [WWF], 2018). Uno de los principales problemas asociados con la ganadería es la deforestación (Steinfeld, 2000). La deforestación y ganadería intensiva acompañado con un manejo deficiente afectan el recurso hídrico, a causa del aumento de sedimentos y al uso excesivo de agroquímicos (Cerrud, 2002).

En estos sistemas es importante realizar cambios en donde se mejore la productividad, sin afectar los recursos naturales, por medio del uso y adaptación de prácticas agrícolas sostenibles (Ibrahim y Mora, 2003). Por tal razón, los sistemas silvopastoriles poseen múltiples beneficios en cuanto al manejo sostenible de zonas ganaderas, en donde se ha cambiado la cobertura vegetal. Los sistemas silvopastoriles son aquellos en los que se combinan árboles, pastos y arbustos forrajeros que se utilizan en fincas ganaderas (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2016). El Ministerio del Medio Ambiente de Colombia (2000) considera que estos sistemas son una alternativa sostenible para el aprovechamiento de los recursos naturales y para mejorar la disposición de los recursos hídricos, en donde la degradación de los estos recursos se ha incrementado por el crecimiento de la frontera agrícola, el mal manejo y aprovechamiento no sostenible de los recursos forestales.

En cualquier zona geográfica es importante identificar los sitios óptimos para promover estos sistemas de producción y esto se puede realizar por medio de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), mismos que operan con datos espaciales para generar mapas temáticos que ayudan en la toma de decisiones (Brody, 1999). Romero-Calcerrada (2002) indica que la interpretación espacial por medio de SIG facilita el estudio simultaneo de diversas variables para entender el funcionamiento del territorio en conjunto, y así poder realizar una caracterización, evaluación y planificación del área.

Actualmente, la subcuenca Manchaguala, se rige bajo un plan de manejo de la ZRM, realizado en por el ICF (2019). Sin embargo, este plan de manejo no cuenta con un programa de sistemas silvopastoriles. La caracterización de la subcuenca facilitó el análisis del estado actual de la misma con el fin de determinar las áreas prioritarias para el establecimiento de sistemas silvopastoriles. En este estudio se determinaron las zonas potenciales para sistemas silvopastoriles en la subcuenca Manchaguala, con el fin de mejorar la calidad y cantidad de agua se plantearon los siguientes objetivos:

- Generar la zonificación hidrológica de la subcuenca basada en instrumentos legales de manejo de cuencas.
- Caracterizar las áreas actuales destinadas a la ganadería en la subcuenca Manchaguala.
- Proponer sistemas silvopastoriles en las áreas prioritarias dentro de la subcuenca.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La Reserva del Merendón, se encuentra ubicada en la zona nor-occidental de la Cordillera del Merendón. Se extiende desde la sierra de Omoa, en el caribe nor-oeste hondureño, hasta la zona sur del departamento de Copán. Esta comprende una extensión de 397.96 km² (39,796.44 ha). Dentro de la reserva, se encuentran nueve cuencas principales, 53 subcuencas y 213 microcuencas. En donde una de las principales subcuencas de mayor importancia es la Manchaguala, misma que ocupa un 28.89% del área protegida y abastece de agua potable a aproximadamente 14 comunidades rurales, bajo una red de abastecimiento de agua y a la concesión de Aguas de San Pedro (Figura 1).

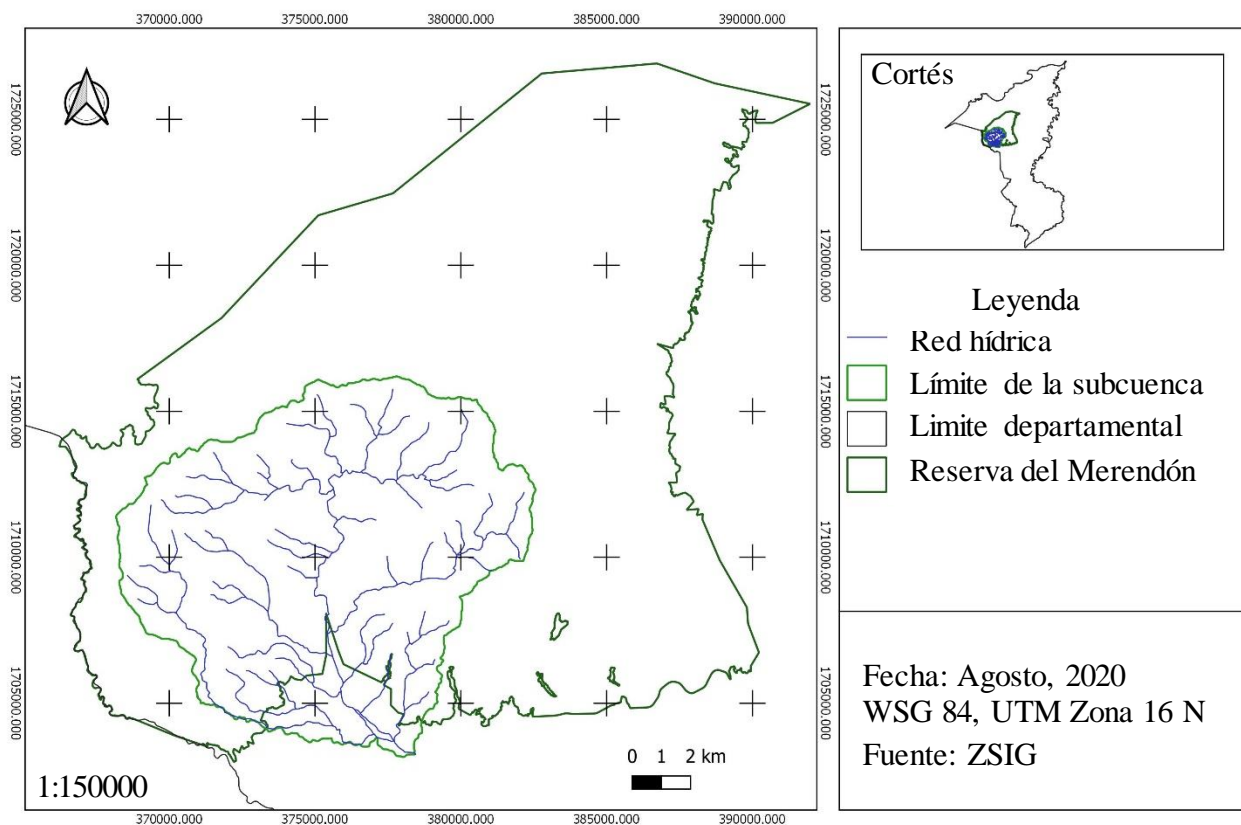


Figura 1. Localización de la zona de estudio.

Fuente: Adaptación de Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica de Zamorano (ZSIG, 2020).

Identificación de parámetros geomorfológicos y zonificación

Delimitación de la subcuenca. Se generó una delimitación automática utilizando el programa de acceso libre QGIS® v3.12.3 y un Modelo Digital de Elevación (DEM por siglas en inglés). Luego, se realizó un corte para obtener los límites de la subcuenca de interés en formato vectorial, que posteriormente se corrigió con las hojas cartográficas del Instituto Nacional Geográfico en formato digital para obtener mayor exactitud.

Con esto se procedió a caracterizar la subcuenca y se generó información sobre distintos parámetros biofísicos como; el área, perímetro e índice de forma de la subcuenca. Para el área y perímetro, se utilizó la herramienta de calculadora de campos del programa QGIS®.

Coefficiente de Gravelius (Kc). Es un parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de la circunferencia. Este coeficiente siempre tendrá por definición el valor de uno para cuencas de forma circular. Cuanto más se aproxime a este valor, más tendencia tendrá a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento (Maidment, 1993) (Ecuación 1).

$$Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad [1]$$

Donde:

P = Perímetro de la cuenca

A = Área de la cuenca

La segunda parte de la caracterización está relacionada a la red hídrica, ya que es el elemento de mayor relevancia en términos de manejo de cuencas. La clasificación se determinó por el orden de la subcuenca, definido por Horton en los años 50. Los órdenes de la subcuenca representan el grado de bifurcación que existe dentro de la cuenca. Esta consiste en que los afluentes que parten de un nacimiento es de orden uno, y cuando se unen con otro de orden 1 para formar otro afluente es de orden dos, los de orden tres son dos ríos de orden dos que se unen, y así consecutivamente. La digitalización de la red de ordenes se realizó manualmente en la tabla de atributos de la capa de red de ríos y quebradas de la subcuenca mediante el QGIS®.

Una vez clasificada la orden de drenaje, se midió la longitud de todos los cauces. La longitud obtenida se relacionó junto con el área de la subcuenca sobre el cual las corrientes hídricas se drenan para obtener la densidad del drenaje.

Densidad de drenaje. Este parámetro asocia la longitud de la red de drenaje con el área de la cuenca en donde las corrientes hídricas se drenan. Se relaciona con el tiempo de salida de escurrimiento superficial de una cuenca (Londoño, 2001) (Ecuación 2).

$$Dd = \frac{L \text{ (km)}}{A \text{ (km}^2\text{)}} \quad [2]$$

Donde:

L = Longitud de cauces

A = Área de la cuenca

Zonificación de la subcuenca. Una vez caracterizada el área de la subcuenca, se procedió a realizar la zonificación. La primera parte consistió en realizar una división por altitud (parte alta, media y baja). Esto facilita la comprensión entre las actividades y la relación que existe entre las partes altas y su incidencia en las partes bajas (Fautino, 2001). Partiendo de esto, se estableció la elevación máxima y mínima de la subcuenca a través del Modelo Digital de Elevación de la subcuenca, seguidamente se realizó una resta de la elevación máxima y mínima. La diferencia de estos valores se dividió en tres partes, correspondientes al intervalo altitudinal de la división de la subcuenca. En este proceso se utilizaron herramientas de QGIS-GRASS®, tales como extracción por máscara y reclasificación ráster.

Se tomó en cuenta las regulaciones de la red de drenaje según la Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre de Honduras (2010) en el artículo 123 #2 de protección de fuentes y cursos de agua, el cual indica que en los ríos y quebradas permanentes se establecerán fajas de protección de 150 metros, si la pendiente de la cuenca es mayor o igual al 30%; y de 50 metros si la pendiente es inferior al 30%. Las franjas de protección se realizaron mediante la herramienta de geoprocursos del QGIS® conocida como buffer. Para establecer estas franjas se determinó la pendiente media de la subcuenca, mediante las estadísticas del ráster de pendiente. Luego, se pasó a disolver los polígonos para tener datos agregados o resumidos de la zona de protección hidrológica.

También se consideraron los usos y coberturas del 2018 generados a partir de la información creada por el ICF. Con el fin de considerar las coberturas vegetales, para observar y analizar las zonas destinadas a pastos y cultivos dentro de la subcuenca Manchaguala. Se realizó un corte con las franjas de protección hidrológica para el análisis de la cantidad de área de pastos y cultivo que se encuentran dentro de las franjas y que pueden afectar de manera directa la red hídrica.

Caracterización de las áreas actuales destinadas a la ganadería. En primer lugar, se procedió a extraer los usos y coberturas del 2018 para el área de la subcuenca por medio de la herramienta extracción por máscara del programa QGIS® y así cuantificar los pastizales y otros usos del área de estudio. Por otro lado, se realizó una extracción del Modelo Digital de Elevaciones de la subcuenca y así se identificaron las principales elevaciones asociadas a las áreas de pastizales. Además, con el DEM se generó una superficie de sombras para interpretar de forma visual la dirección y acumulación de los flujos de agua con relación en el área de pastizales y otros usos de la subcuenca.

Las áreas de pastizales fueron analizadas junto con otras variables del terreno, como la pendiente y el suelo. Para generar la pendiente se realizó lo siguiente:

1. Curvas a nivel: Se extrajeron las curvas a nivel por medio del DEM obtenido de ALOS POLSAR. Las curvas a nivel generadas fueron de 12.5 metros de equidistancia.
2. Pendiente: La superficie de pendientes del terreno se generó a partir del Modelo Digital de Elevaciones y en porcentajes mediante herramientas de análisis ráster del QGIS®. Una vez generada, se procedió a la reclasificación en donde se usaron cuatro clases de pendientes establecidas por Rosales (1988) y Oyuela (1996) (Cuadro 1) y sugeridas por el ICF. Estas fueron sometidas a un proceso de filtros para eliminar píxeles aislados y convertir las clases en polígonos homogéneas. Además, la pendiente en formato vectorial pasó por un proceso de generalización cartográfica o suavizado para evitar efectos de píxeles y así generar un mapa de pendientes compacto y visualmente presentable.

Cuadro 1. Rangos de pendiente (Rosales, 1988; Oyuela, 1996).

Clase	Rango de pendiente
1	0 – 12%
2	13 – 30%
3	31 – 50%
4	> 50%

3. Elevación: Estas áreas de pastizales se caracterizaron por medio de la elevación, con el DEM generado anteriormente y se generaron rangos de elevación (Cuadro 2). Esto tiene mucha importancia en la elección de las especies de los sistemas silvopastoriles, ya que existen diferencias entre un sitio y otro, por lo que representan diferencias sustanciales en el potencial de producción de forrajes y en las necesidades de manejo para poder utilizarlos de manera apropiada (Hauss, 1993).

Cuadro 2. Rango de elevaciones.

Clases	Elevación
1	< 500
2	500 - 1,000
3	1,000 - 1,500
4	> 1,500

Finalmente, se identificaron las profundidades de suelos mediante la base de datos del Laboratorio de Suelos de Zamorano. En este caso, se usó el sistema de clasificación de suelo por capacidad de uso del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés) (Cuadro 3). Esto se basa en la aptitud de suelo para una clasificación cuantitativa para determinar sus usos (de la Rosa, 2008). Sin embargo, este contiene distintos parámetros evaluados, pero en este caso solo se tomó en cuenta la profundidad efectiva. La profundidad del suelo es de suma importancia ya que de esto dependerá su potencial para la producción de forraje dado a sus sistemas radiculares (Hauss, 1993).

Cuadro 3. Clasificación por aptitud de suelo en función de la profundidad efectiva (Singer y Ewing, 2000).

Clase por aptitud	Profundidad efectiva
I	Muy profundo (Mayor 120 cm)
II	Profundo (90 - 120 cm)
III	Moderadamente profundo (60 - 90 cm)
IV	Poco profundo (30 - 60 cm)
V	Superficial (0 - 30 cm)

Propuesta para sistemas silvopastoriles en áreas prioritarias

Establecimiento de áreas prioritarias. Estas áreas se establecieron de acuerdo con plan de manejo de la Zona de la Reserva del Merendón establecido para los años 2019 – 2031, en donde se determinó una zonificación de manejo. Dentro de la subcuenca Manchaguala, se encuentran dos subzonas; la zona de uso restringido y la zona de uso sostenible de los recursos, siendo la segunda de mayor área y donde se encuentran ubicadas las áreas de pastizales. Las áreas prioritarias para el establecimiento de los sistemas silvopastoriles se encuentran dentro de la zona de uso sostenible de los recursos.

Las normas de uso y manejo de la subzona de uso sostenible de los recursos del Plan de Manejo de la ZRM establecen que para la realización de actividades agrícolas se van a limitar a las áreas de producción actualmente existentes, en las que se deben de implementar prácticas sostenibles de conservación de suelos, reducción del uso de agroquímicos e implementar sistemas de producción que ayudan a la recuperación de la cobertura forestal. Para el establecimiento de áreas prioritarias se realizó un análisis de superposición entre la capa de la subzona de uso sostenible de los recursos, la zonificación de la subcuenca y las áreas con pendientes mayores a 30%. Las áreas fuera de esta superposición se consideraron como áreas potenciales.

Consulta a actores. Para la recolección de datos de las fincas ganaderas en la subcuenca, se realizó una entrevista semiestructurada con actores claves. Esto con el fin de obtener información sobre la situación actual de la ganadería en la zona, y las actividades que se realizan en cuanto al manejo de las fincas. Con la información recabada de los actores clave, se definieron los tipos de sistemas y con esto, se realizó un presupuesto de acuerdo con los problemas y necesidades generales de la subcuenca y sus productores.

Diseño de sistemas. Los sistemas silvopastoriles son una alternativa de producción pecuaria en la cual especies leñosas, árboles o arbustos, se relacionan con animales y plantas forrajeras, de manera integral, favoreciendo la recuperación de suelos y diversificación de productos, generando así más ingresos para los productores (Programa Bosques y Agua, 2013). Los diseños de los sistemas silvopastoriles se plantearon conforme a las necesidades básicas de los productores. La elección de especies se determinó de acuerdo con las especies predominantes en la zona y que se puedan adaptar de forma adecuada. Para cada propuesta de sistema, se realizó un presupuesto y un diseño del arreglo usando el programa Adobe Illustrator®.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la subcuenca

La subcuenca del río Manchaguala posee un área de 12,527.63 hectáreas y un perímetro de 49.11 km. La subcuenca forma parte de la cuenca del río Chamelecón, ubicándose en la parte media-baja de la misma. Dentro de la subcuenca, se han delimitado siete microcuencas (Figura 2).

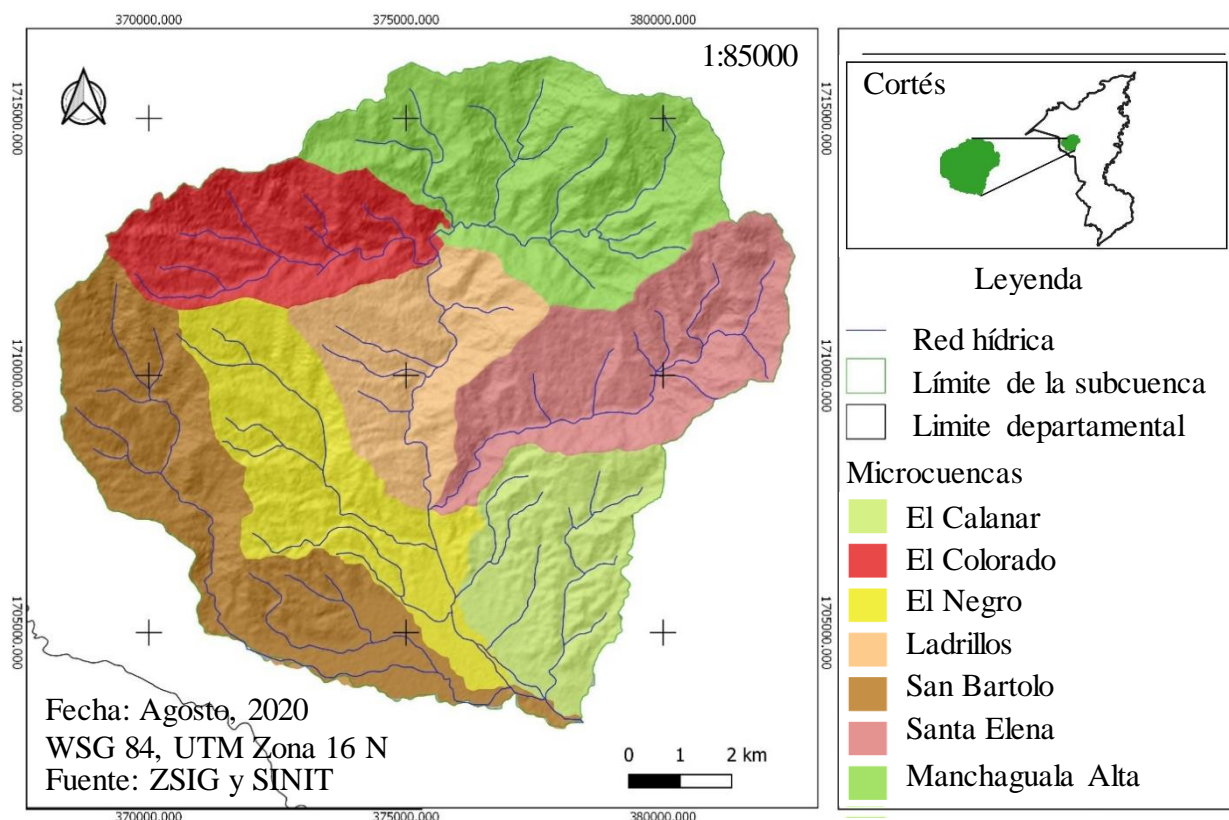


Figura 2. Mapa de ubicación de subcuenca Manchaguala.

Fuente: Adaptación de (ZSIG, 2020; Sistema Nacional de Información Territorial [SINIT], 2002)

De las siete microcuencas principales, la microcuenca Manchaguala Alto es la que cuenta con mayor área (1,506.29 ha), ubicada en la zona nor-este de la subcuenca. La segunda microcuenca con mayor extensión de área es la San Bartolo, ubicada al oeste de la subcuenca. Las demás, se dividen de la siguiente manera: microcuenca Santa Elena con 1,894.19 ha, microcuenca El Negro con 1,731.35 ha, microcuenca Ladrillos con 1,322.37 ha, microcuenca El Colorado con 1,361.27 y por último la microcuenca El Calanar con 1,375.07 ha.

Para la subcuenca caracterizada, se generó el mapa de usos y coberturas con la base de datos proporcionada por el ICF, 2018 (Figura 3). Según la clasificación de usos y las coberturas existentes en la zona, el 24.12% (3,021.51 ha) del área total se encuentra ocupada por pastos y cultivos, ocupando el segundo lugar de área de cobertura seguido del bosque latifoliado húmedo

con un porcentaje de área de 45.44% (5,692.66 ha). Los cultivos que se encuentran en la zona son principalmente granos básicos, hortalizas y frutales. La mayor parte de los cultivos son para el autoconsumo, por lo que, es muy escaso el excedente que se logra comercializar (CATIE, 2017).

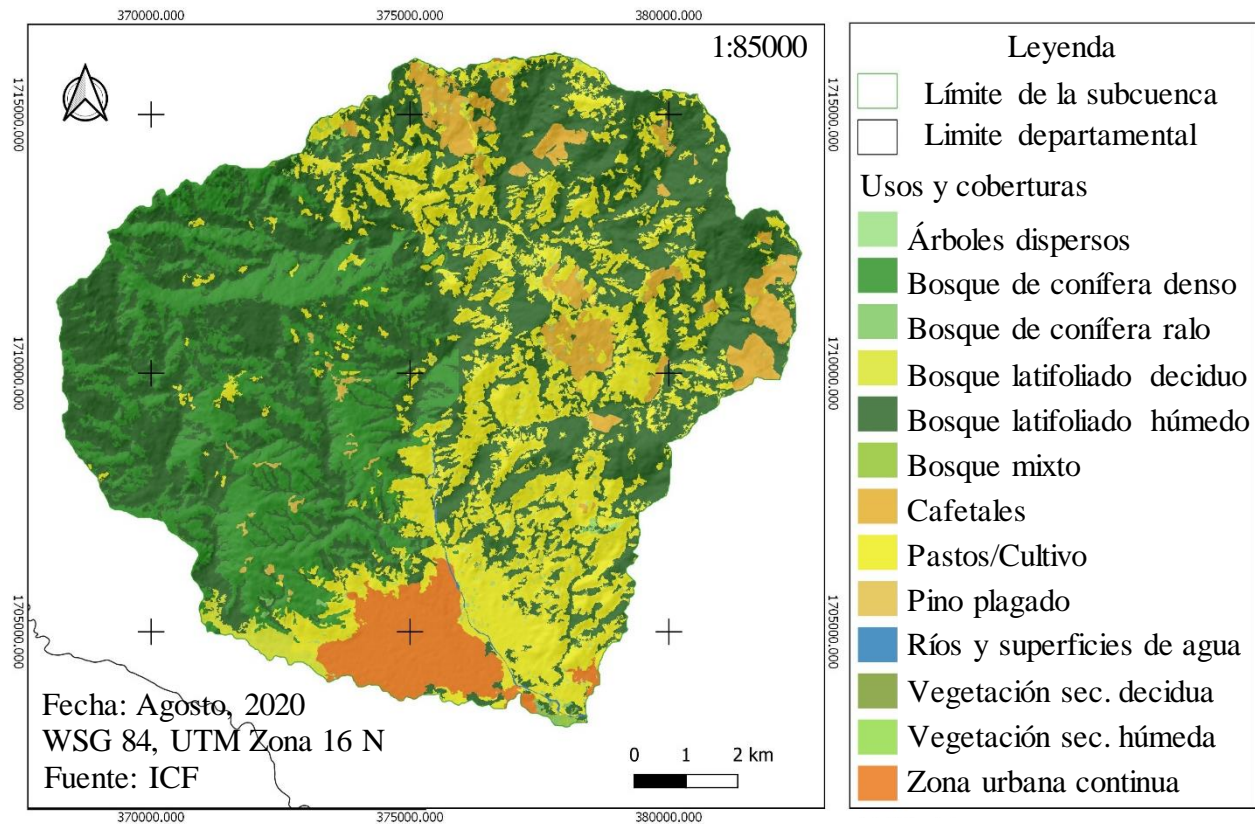


Figura 3. Mapa de usos y coberturas de la subcuenca Manchaguala. Fuente: Adaptación de (ICF, 2018).

Según el diagnóstico de la subcuenca Manchaguala, generado en el 2017 por CATIE, la base económica y productiva de la subcuenca, ha sido la agricultura, principalmente el cultivo de café. Actualmente el área destinada a los cafetales corresponde a un 4.7% (592 ha). Por otra parte, se puede observar las zonas urbanas en la parte suroriente de la subcuenca, ocupando un 4.68% del territorio total.

La forma de las cuencas, influyen en gran manera sobre muchas características importantes del hidrograma de descarga de una corriente determinada, principalmente los parámetros relacionados con el drenaje, siendo la densidad de drenaje uno de ellos. La subcuenca del río Manchaguala tiene un índice de forma de 1.22, lo cual indica que su forma es redonda. También, se realizó un mapa de órdenes de red de drenaje de la subcuenca Manchaguala mediante el método de orden de los cauces por Horton (Figura 4). Se determinó los cauces del orden uno suma aproximadamente 79.93 km (Cuadro 4). Los del orden uno son las corrientes fuertes, nacimientos y carecen de afluentes. El efluente de menor longitud es el de orden cinco, ya que de esta corriente solamente una pequeña parte se encuentra dentro de la zona de la subcuenca correspondiendo al río Chamelecón.

Cuadro 4. Longitud de órdenes.

Cauces	Longitud (km)
Orden 1	79.97
Orden 2	33.13
Orden 3	19.76
Orden 4	13.26
Orden 5	0.93

La densidad de drenaje permite catalogar una cuenca en función de su drenaje, si está bien o mal drenada. Los valores cercanos o mayores a 0.5 km/km^2 , se consideran indicadores de la eficiencia de la red de drenaje. Para la subcuenca Manchaguala, se determinó que la densidad de drenaje es de 1.174 km/km^2 , lo cual indica que el valor se encuentra dentro del rango bajo. Sin embargo, los suelos en los cuales su drenaje es bajo tienden a tener más escorrentía y son menos resistentes a la erosión.

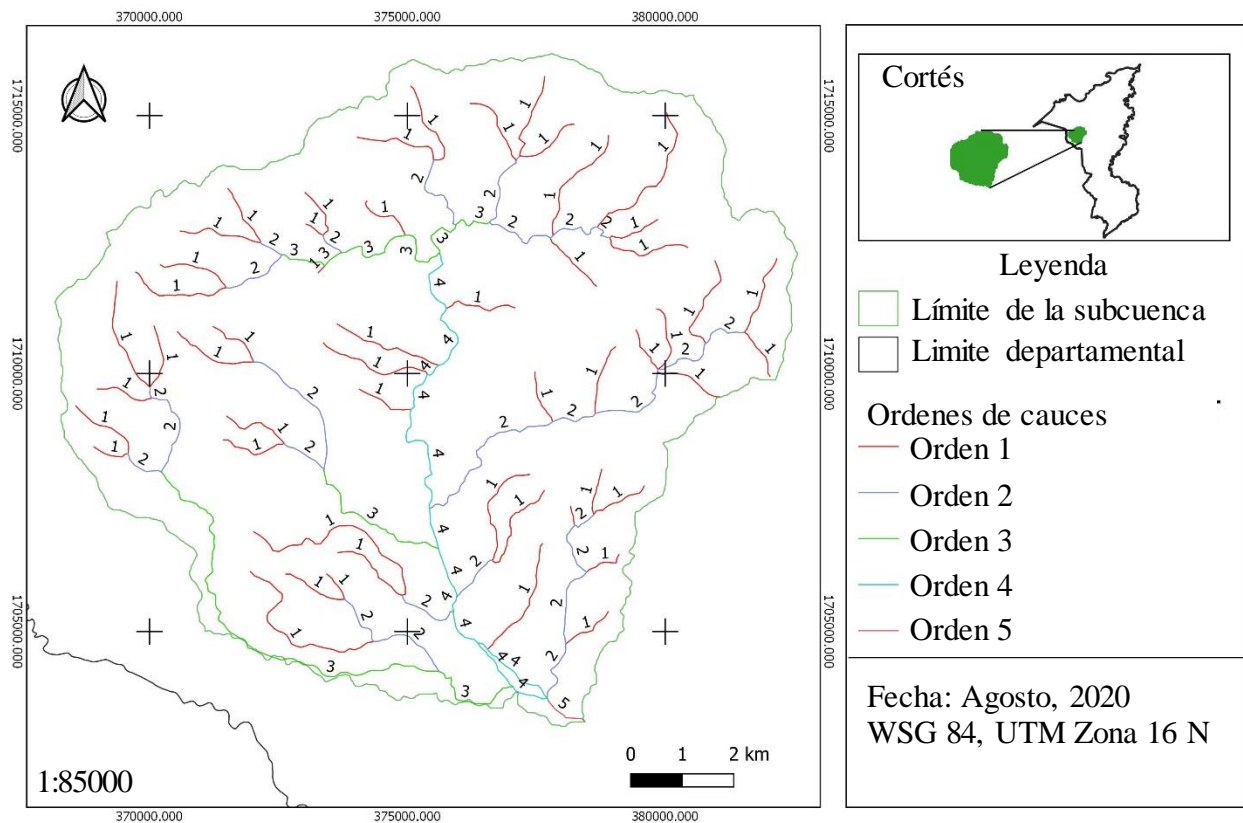


Figura 4. Mapa de orden de los cauces.

Se generaron franjas de protección para la red de drenaje de la subcuenca de acuerdo con la Ley Forestal del Honduras. Estas franjas se establecieron de 150 metros para toda el área de la subcuenca. Según el plan de manejo de la ZRM, está permitido la implementación de actividades agroforestales para la recuperación de cobertura, sin afectar las franjas de protección de la red

hídrica. Las franjas de protección hidrológica son zonas adyacentes a los cuerpos de agua que permiten el funcionamiento regular de las dinámicas hidráulicas, hidrológicas, geomorfológicas y ecosistémicas de las zonas ribereñas.

Dentro de las franjas de protección hidrológica, se observa gran cantidad de área con pastos/cultivos (Figura 5). Esto afecta directamente a la red hídrica, puesto que ocupa alrededor de un 22.46% correspondiente a 1,537 ha de pastos y cultivo. La presencia de ganado en zonas aledañas a la red hídrica provoca la compactación de suelo, por lo que reduce la infiltración y degrada los márgenes ribereños, así mismo se reducen los niveles freáticos y se aumentan la contaminación por materia fecal en las fuentes de agua. Por otra parte, se disminuye la regeneración existente de la vegetación y puede afectar directamente a especies vinculadas a los cursos de agua. No obstante, estas prácticas agropecuarias constituyen el medio de vida de muchos habitantes en estas áreas (Steinfeld et al., 2009).

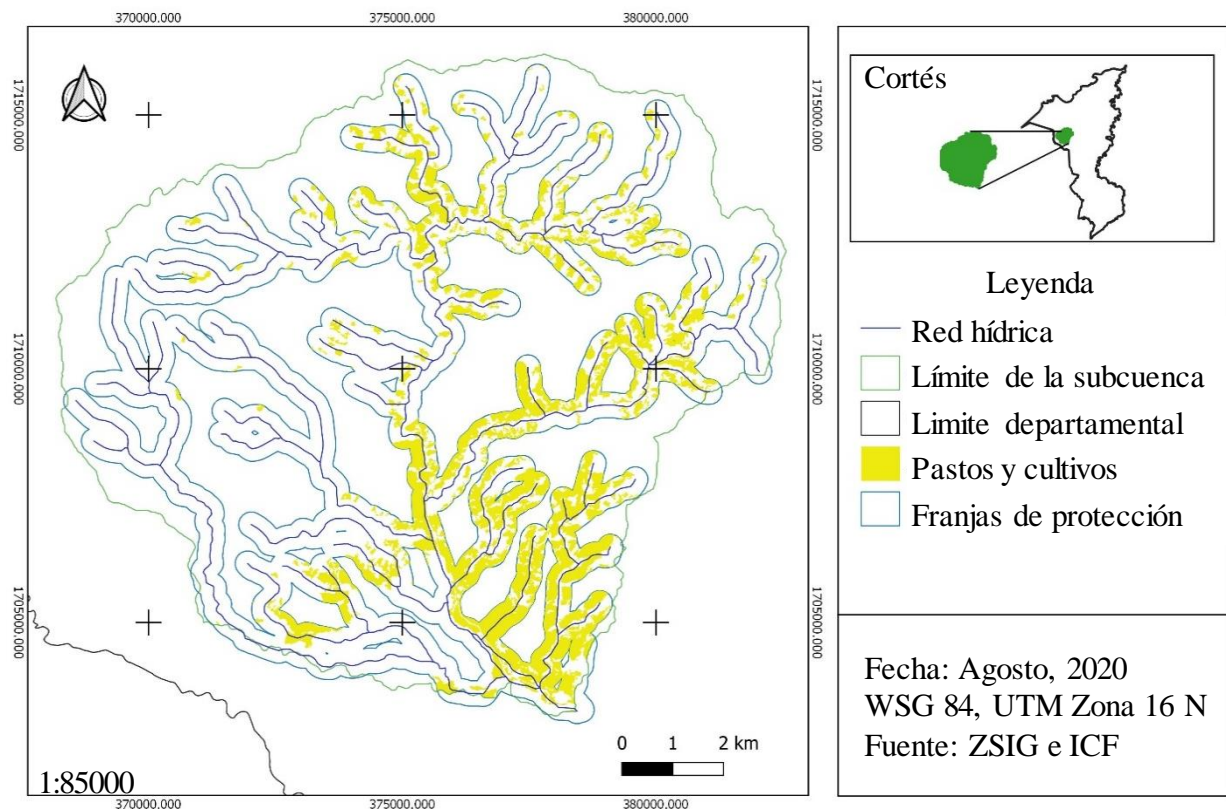


Figura 5. Mapa de franjas de protección hídrica de la subcuenca Manchaguala.
Fuente: Adaptación de (ZSIG, 2020; ICF, 2018).

Zonificación de la subcuenca

La zonificación se basa por instrumentos técnicos para la gestión del desarrollo sostenible de la ZRM. Esto constituye una base para establecer el manejo de los espacios en un territorio. En el mapa generado para la división por altitud se observan la parte alta, media y baja (Figura 6). De acuerdo con esto, se identificó que la parte media cuenta con mayor extensión de área (44.25%), la parte baja ocupa el segundo lugar con (43.10%), siendo la parte alta la de menos extensión (12.63%).

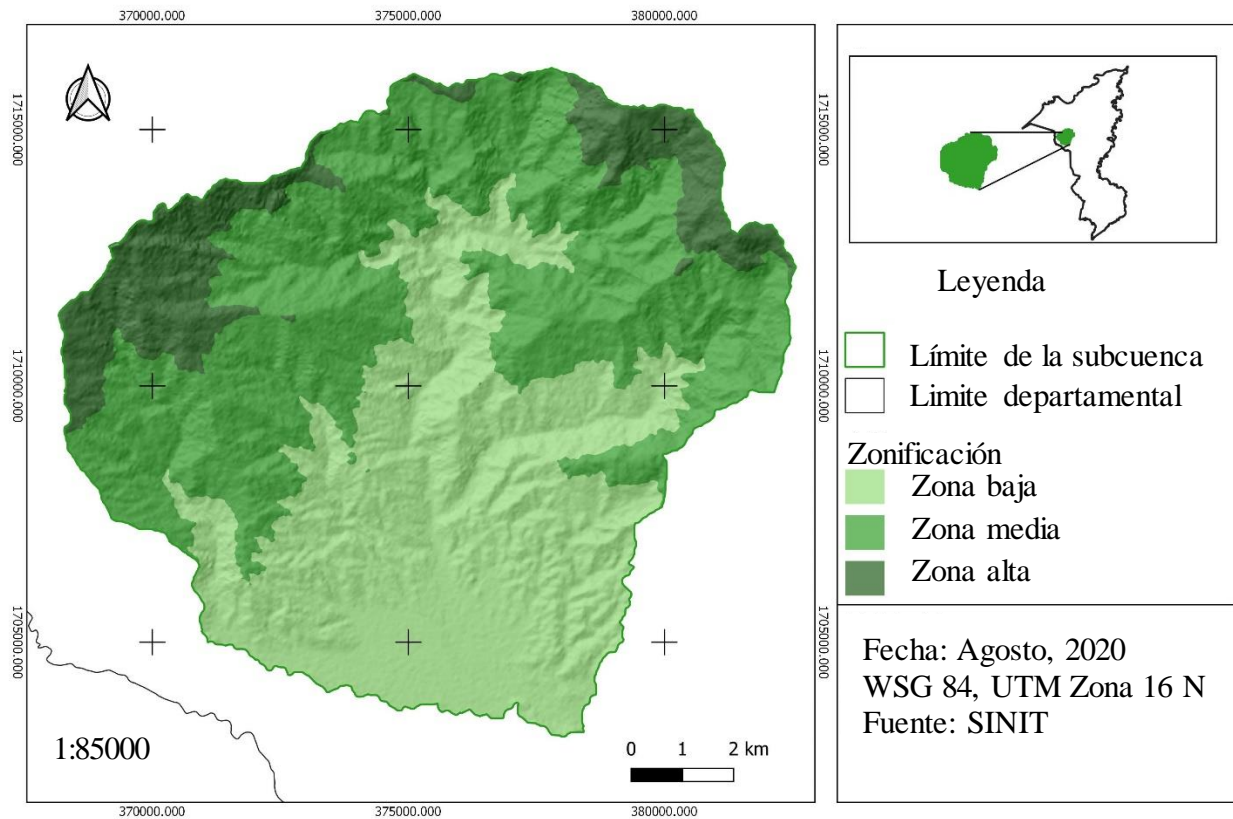


Figura 6. Mapa de zonificación por altitud de la subcuenca Manchaguala.

Fuente: Adaptación de (SINIT, 2018).

Los diversos usos que se emplean en las diferentes partes de la subcuenca tienen un efecto en cuanto a la calidad y cantidad de agua. Existen muchas evidencias en cuanto al efecto en el agua de los diferentes usos en relación con la agricultura y la ganadería (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] e IICA, 2013). Se determinó que en la parte baja se encuentra la mayor parte de área ocupada por pastos y cultivos, siendo de 1,860.52 ha (Figura 7). Sin embargo, en la parte media también existe una elevada cantidad de área de pastos y cultivos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Área ocupada por división altitudinal en la subcuenca Manchaguala.

Zona	Área total (ha)	Total %	Área cultivada (ha)	Cultivado %
Zona baja	5,400.41	43.10	1,860.52	61.57
Zona media	5,544.35	44.25	986.65	32.66
Zona alta	1,582.27	12.63	174.34	5.76

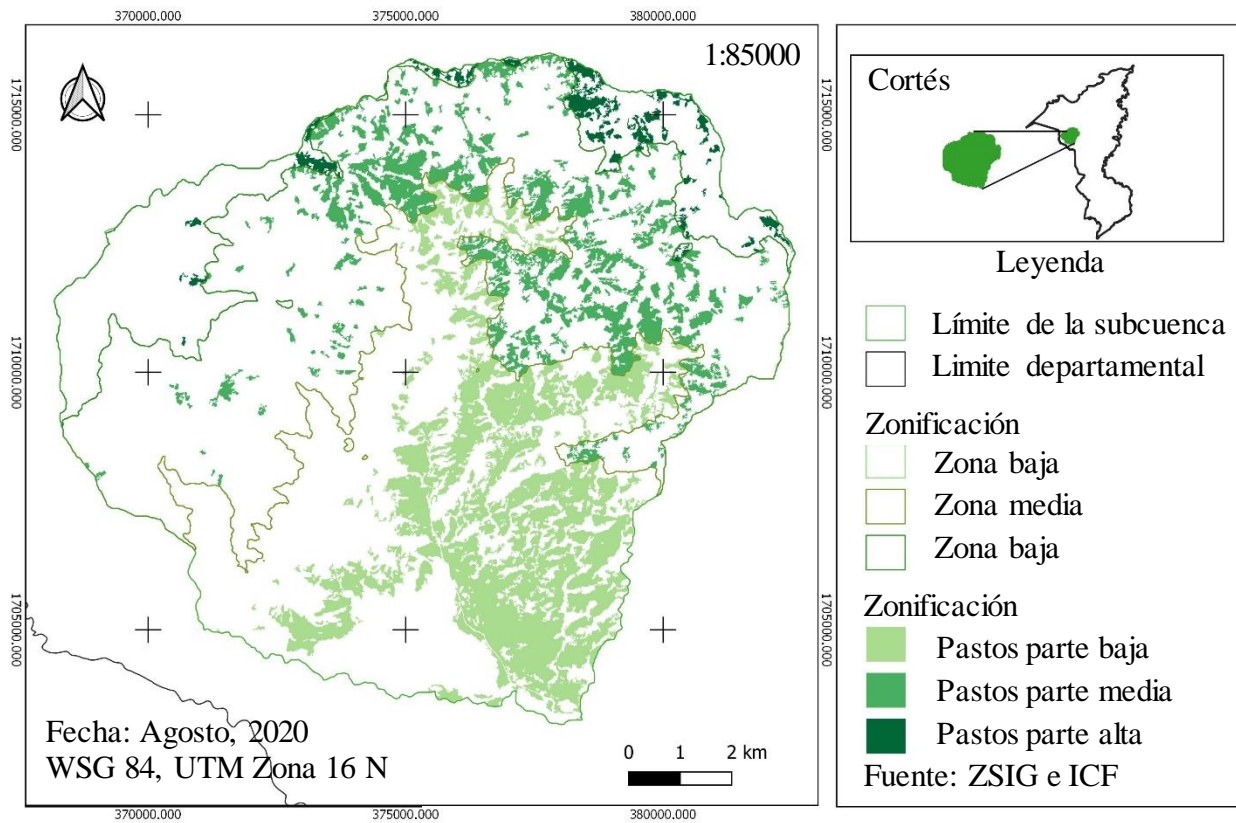


Figura 7. Mapa de pastos y cultivos según la división por altitud. Fuente: Adaptación de (ZSIG, 2020; ICF, 2018).

Caracterización de las áreas actuales destinadas a la ganadería

Se realizó un mapa de pendientes, en donde se observa que la mayor parte del área de la subcuenca Manchaguala (62.55%) se encuentra dentro del rango de pendientes del 13 - 30% (Figura 8). Se determinó que 10,132.34 hectáreas de pastos y cultivo se ubica dentro de los rangos de pendiente 0 - 30% (Cuadro 6). El resto de las áreas de pastos y cultivos están dentro de rangos de pendientes > 30%, lo que indica que pueden afectar directamente a la subcuenca, ya que no se encuentran dentro de un rango adecuado de pendiente (Figura 9).

Cuadro 4. Área ocupada por rangos de pendiente.

Rango de pendiente	Área ocupada (ha)	Área total %	Área ocupada por pastos/cultivos	Área ocupada por pastos/cultivos %
0 - 12%	2296.31	18.33	597.71	19.78
13 - 30%	7836.03	62.55	1832.18	60.63
31 - 50%	2370.22	18.92	586.52	19.41
> 50%	24.80	0.19	5.10	0.17

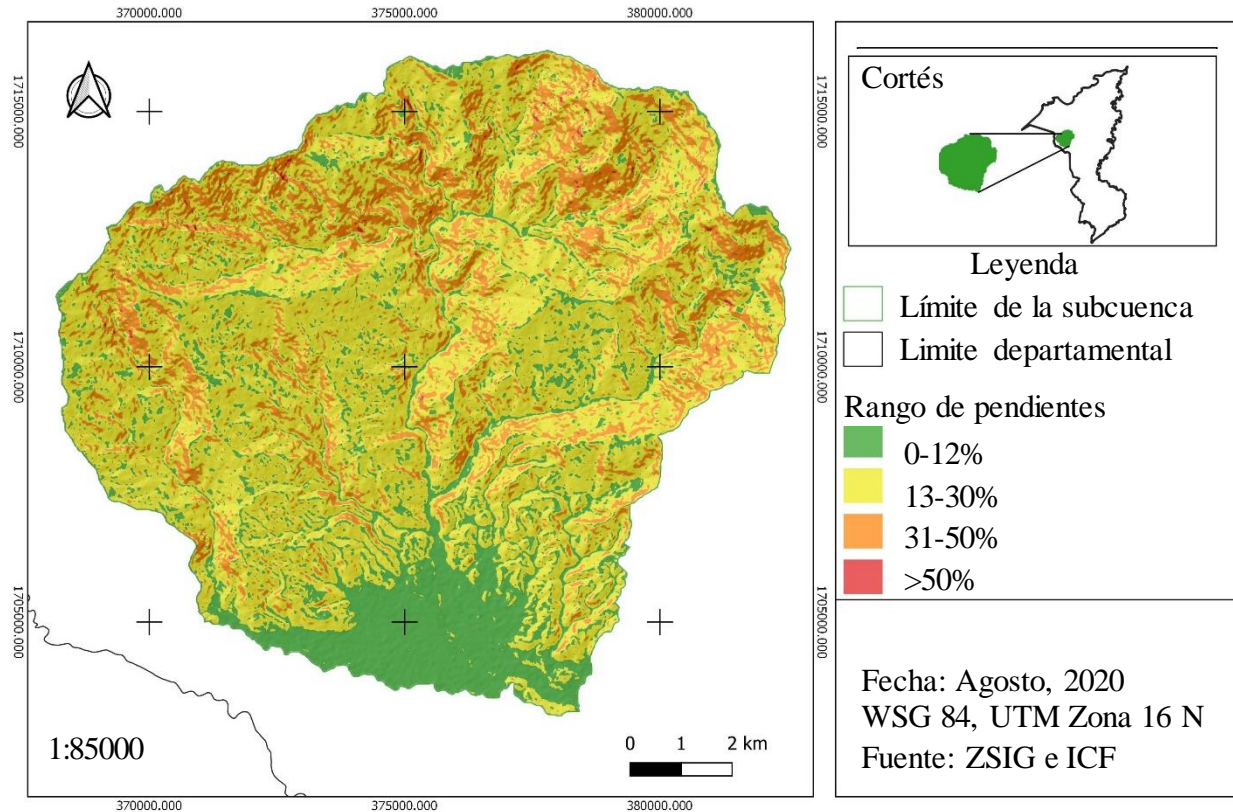


Figura 8. Mapa de rangos de pendientes.

Fuente: Adaptación de (ZSIG, 2020; ICF, 2018).

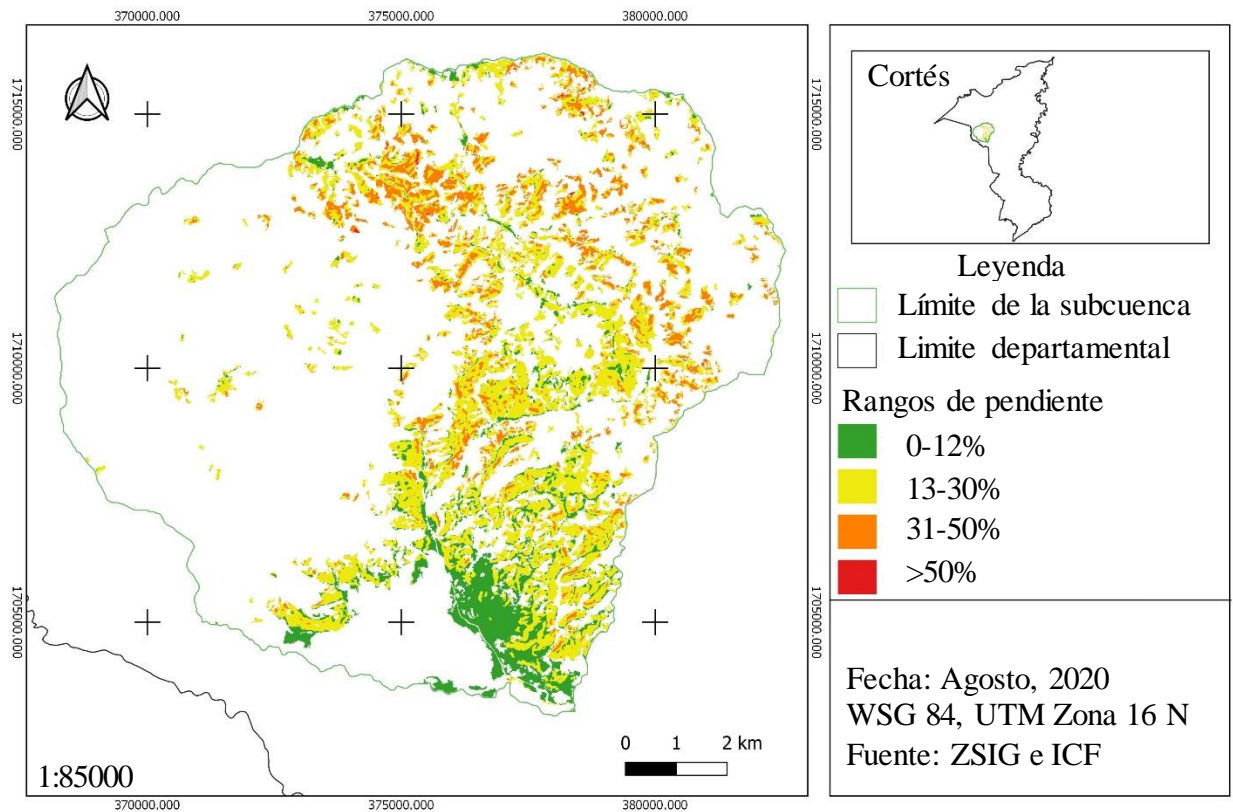


Figura 9. Mapa de pendientes en área de pastos de la subcuenca Manchaguala.
Fuente: Adaptación de (ZSIG, 2020; ICF, 2018).

Zonas con altas pendientes están estrechamente relacionadas con problemas de erosión que pueden ocurrir sobre la superficie y se relaciona juntamente con escurrimiento superficial, infiltración y humedad del suelo (Guerra y González, 2002). La pendiente media de la subcuenca Manchaguala es de 21.77%, por lo que favorece a la escorrentía superficial de la misma. Teniendo en cuenta, que existe una gran cantidad de hectáreas de pastos y cultivos en la parte media y alta de la subcuenca, acompañado con pendientes mayores a 50%, es posible que aumente la velocidad de agua de escorrentía y esto ocasione fenómenos de erosión y problemas en las partes bajas de la subcuenca.

La elevación es uno de los parámetros de mayor importancia ya que determina la oferta hídrica y el movimiento del agua a través de la longitud de los cauces de la subcuenca. De la altura dependen en gran manera mucha de la cobertura vegetal, clima y usos. La subcuenca Manchaguala posee una altitud máxima de 1,795 msnm, con una elevación media de 681.94 msnm. Se realizó un mapa de división de altitud por rangos (Figura 10), en donde se determinó que aproximadamente 5,280.39 ha se encuentran entre el rango de altitudes menores a 500 msnm, ubicándose en las altitudes con mayor área ocupada. El menor rango de altitud que posee menor cantidad de área es el rango mayor de 1,500 msnm (Cuadro 7). De las áreas ocupadas por pastos y cultivo, el 55.10% se encuentra en altitudes menores a 500 msnm y solo un 0.49% se encuentran por arriba de los 1,500 msnm.

Cuadro 5. Área ocupada por rangos de elevación.

Clase	Elevación	Área ocupada (ha)	Área total %	Área ocupada por pastos/cultivo (ha)	Área de pastos/cultivos %
1	< 500	4523.60	36.1	1,665.14	55.11
2	500 – 1,000	5280.39	42.1	1,033.14	34.19
3	1,000 – 1,500	2506.52	20.0	308.16	10.20
4	> 1,500	216.85	1.7	15.07	0.49

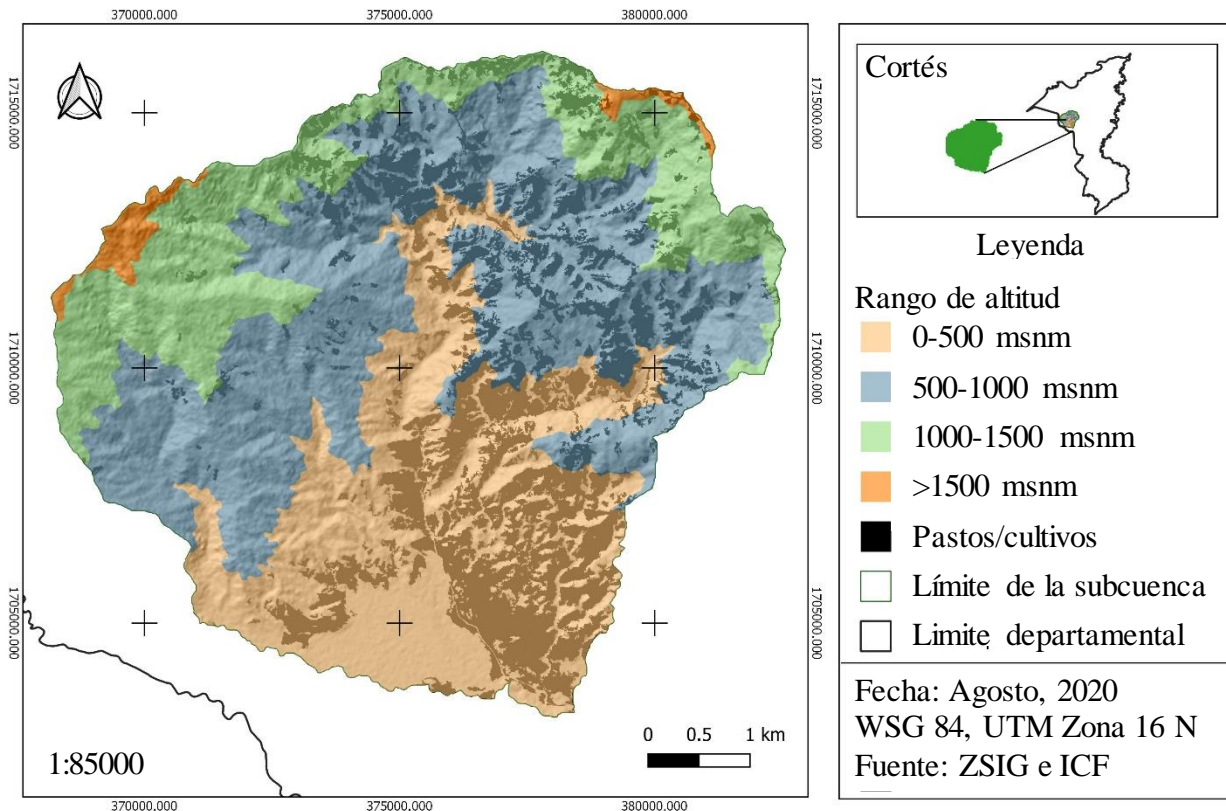


Figura 10. División de altitud de la subcuenca Manchaguala. Fuente: Adaptación de (ICF, 2018; ZSIG, 2020).

Los suelos poseen gran importancia para la agricultura y el buen funcionamiento de los ecosistemas. Según la serie de suelos de Simmons y Castellanos, los tipos de suelos que se encuentran dentro de la subcuenca son los Tomalá y Jacaleapa (Figura 11). Los suelos Jacaleapa son los que se encuentran en menos cantidad de área en la subcuenca (1,646.12 ha) y los Tomalá en mayor área (10,881.51 ha). Los suelos de las áreas de pastos y cultivo son principalmente suelos Jacaleapa (Cuadro 8). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1969), los tipos de suelo se describen de la siguiente manera:

Suelos Jacaleapa: Se caracterizan por ser suelos bien avenados y con poca profundidad. Se ubican en relieves escarpados y con poca frecuencia se encuentran en pendientes menores al 20%, y alta

frecuencia en pendientes de más de 40%. La textura superficial de los suelos Jacaleapa es franco limoso y franco arenoso. Muchos lugares no poseen horizonte de subsuelo y en otras zonas, puede ser de hasta 50 cm. Estos suelos contienen alto contenido de material rocoso, con mucha frecuencia en la superficie de suelo. Los suelos Jacaleapa se encuentran cubiertos de pino y en muchas ocasiones se usan como pastos naturales. Se encuentran dentro de la clasificación de Litosoles amarillos rojos.

Suelos Tomalá: Son suelos bien avenaos, poco profundos y profundos. Se encuentran en laderas escarpadas, con pendientes mayores al 60%. Los suelos se asocian con los Jacaleapa, a diferencia que estos son poco profundos y pueden soportar más área clara de pinos. La textura del suelo es franco limoso y franco arcillo-limoso. Estos suelos están cubiertos por monte higrofitico tropical con palmas corozo y sotobosques espesos con maleza y matorrales. Los suelos Tomalá son una combinación entre latisoles y litosoles, de colores amarillos rojos.

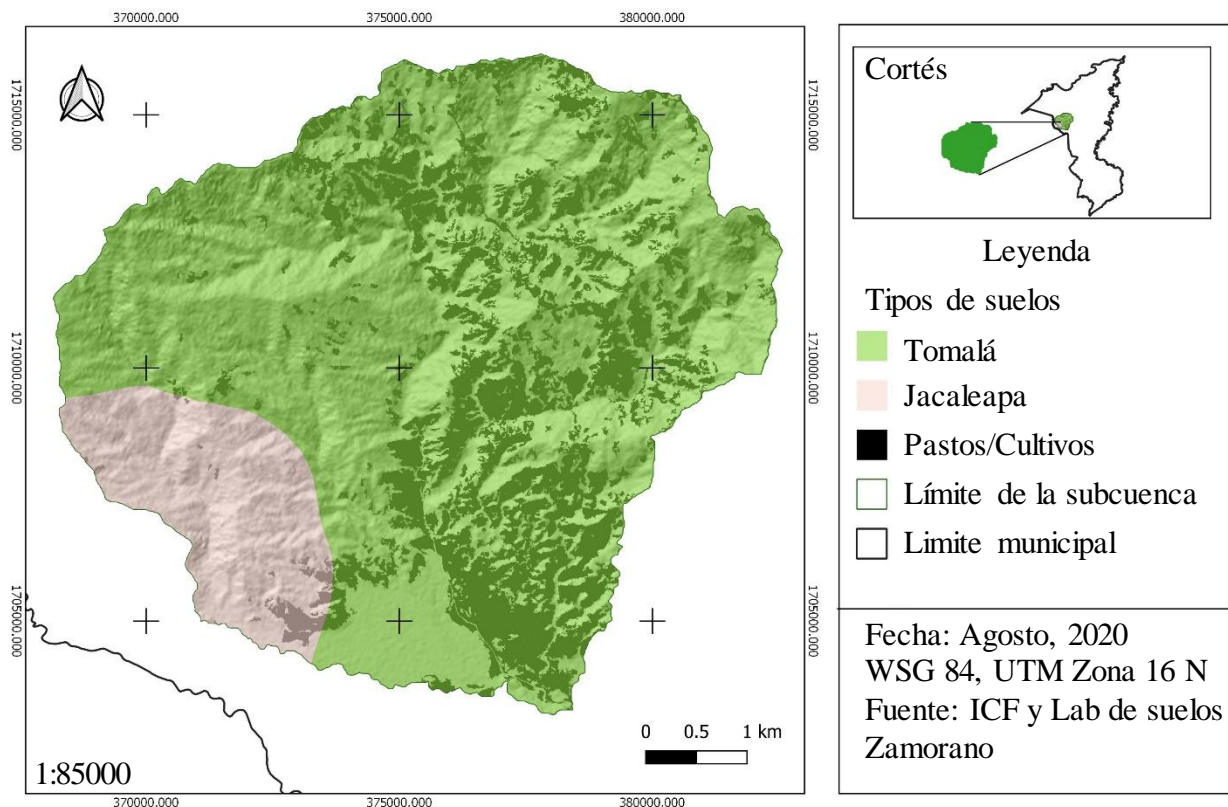


Figura 11. Mapa de tipos de suelo en la subcuenca Manchaguala. Fuente: Adaptado de (ICF, 2018; ZSIG, 2020).

Cuadro 6. Área ocupada por tipo de suelo.

Tipo de suelo	Área ocupada (ha)	% Área total	Área ocupada por pastos/ cultivo	% Área de pastos/ cultivos
Tomalá	10,881.51	86.86	2,940.52	97.31
Jacaleapa	1,646.12	13.13	75.59	2.49

Es necesario conocer las características y propiedades de los suelos en una cuenca y como estos se relacionan con el recurso hídrico, cobertura vegetal e intervención humana, para ello se ocupa entender la aptitud de suelo de un territorio, de forma que se pueda mantener o mejorar los suelos como base funcional de la cuenca (Ríos, Cotler, González-Mora y Pineda, 2015). La aptitud de suelo que se obtuvo a partir de los datos del Laboratorio de Suelos de Zamorano para la subcuenca Manchaguala, se tomó en cuenta principalmente la profundidad de suelo. Las clases por aptitud presentes dentro de la subcuenca son IV y V, ya que los suelos de la subcuenca son poco profundos (0 - 15 cm) y superficiales. Esta clasificación posee las mismas características que los suelos Tomalá y Jacaleapa descritos anteriormente, por lo que los suelos Jacaleapa contienen la clasificación IV y VII y los suelos Tomalá son de clase IV.

La clase IV son suelos que necesitan prácticas de manejo y conservación, en caso de que se requiera producir cultivos de forma moderada a óptima de manera continua. Estos suelos se ubican generalmente en relieves con pendientes que van desde el 14 al 30%, y casi siempre tienen una profundidad moderadamente profunda y moderadamente superficial, con alta presencia de grava y piedras. Los suelos de esta clase pueden ser apropiados para explotaciones de algunos cultivos anuales, tales como; maíz, frijol, yuca, caña, frutales, entre otros. También son tierras adecuadas para cultivos permanentes, como pastos y plantaciones forestales.

La clase V se caracteriza por tener suelos con fuertes limitaciones para la producción de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes o bosques, por lo tanto, su uso se limita solamente a pastos y manejo de bosque natural. Estos suelos tienen poco riesgo a erosión, sin embargo, son demasiado húmedos y no son muy aptos para cultivos, pero si para la producción en praderas y producción de pastos (Organización de los Estados Americanos [OEA], 1994).

Áreas prioritarias y potenciales a sistemas silvopastoriles

Las áreas prioritarias para el establecimiento de los sistemas silvopastoriles se consideraron en base a la zonificación realizada en el plan de manejo de la Reserva del Merendón junto con la zonificación por altitud. Por lo que, se determinó, que las áreas prioritarias se dividen en dos y se encuentran en la parte media y baja de la sub-zona de manejo sostenible que están dentro de la zona de protección hidrológica con pendientes mayores y menores al 30% (Figura 12), sumando un total de 1,195.82 hectáreas. Las zonas potenciales se encuentran fuera de las áreas de protección hidrológica y comprenden un total de 471.51 hectáreas. La sub-zona de uso restringido y la parte alta, no se consideró, debido a que una de las normas generales de la zona de Reserva El Merendón, establece que no se pueden realizar proyectos bovinos, en las partes altas de las subcuencas.

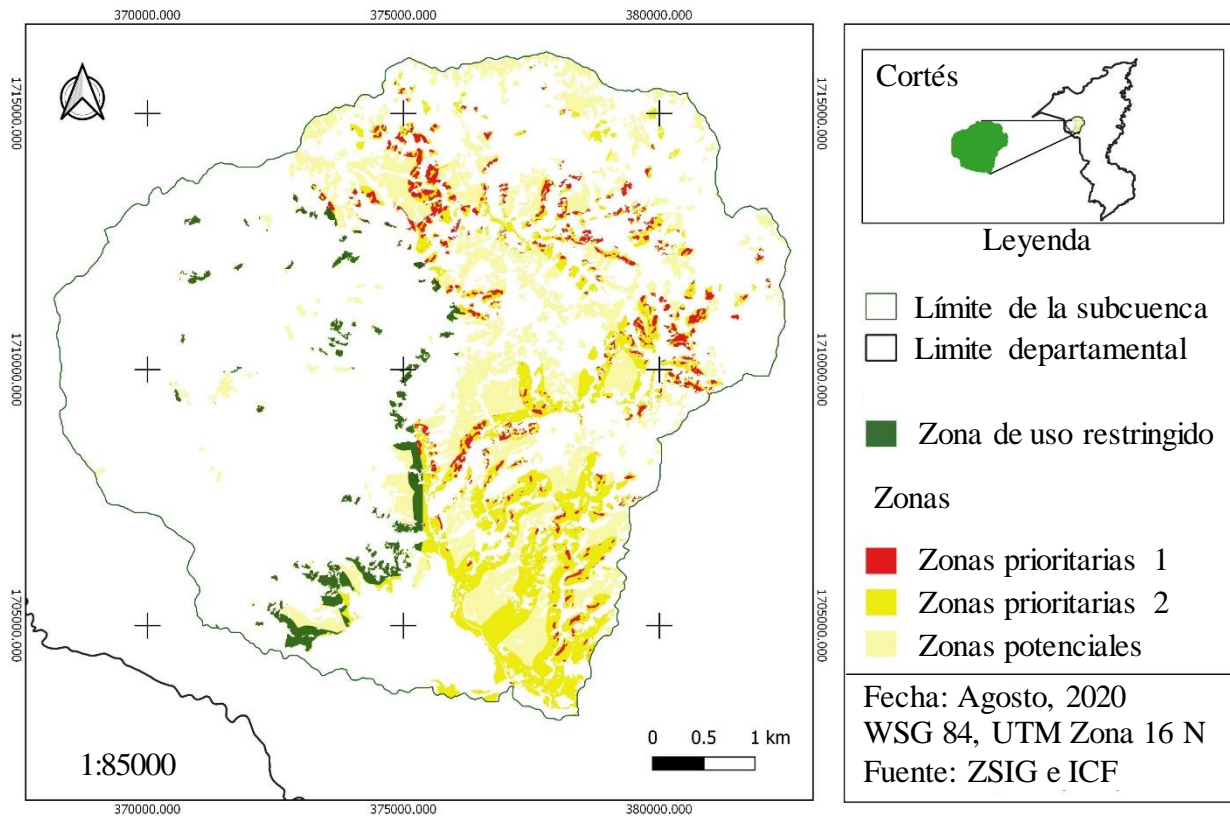


Figura 12. Mapa de zonas potenciales y áreas prioritarias a sistemas silvopastoriles. Fuente: Adaptación de (ZSIG, 2020; ICF, 2018).

Situación actual de las fincas ganaderas

Problema principal: Para las fincas dentro de la subcuenca Manchaguala el principal problema es la falta de alternativas de suplementación alimenticia en la época seca, donde no hay suficiente pasto para cubrir las necesidades alimenticias y nutricionales de los animales.

Alimentación: Durante todo el año la alimentación se basa en el pastoreo, sin la suplementación de concentrados durante la época seca. Los pastos que se encuentran en la subcuenca son la especie *Bracharia brizantha* y *Cynodon nlemfuensis* en menor proporción.

Productos comercializados: La ganadería en la subcuenca se basa principalmente en fincas de carne, por lo cual su principal producto es la carne y genética. Las razas más comunes en las fincas dentro de la subcuenca son Brahmán en su mayoría y Pardo Suizo. Sin embargo, la mayoría de producción de leche es para el autoconsumo.

Propuesta tecnológica de sistemas silvopastoriles

Justificación de implementación de sistemas silvopastoriles. La Reserva del Merendón fue declarada en el año 1990. Desde ese año ya se encontraban comunidades establecidas, y su medio de subsistencia era la agricultura y ganadería. Estos medios de subsistencia han alterado diversos procesos. Según el plan de manejo del Merendón, muchos objetos de conservación son amenazados

por diversos factores, siendo uno de estos el cambio de uso de suelo por la agricultura y ganadería intensiva y extensiva. Estos procesos de alteración de cobertura vegetal han provocado erosión dentro de la subcuenca, siendo esta la más deteriorada de todas, a causa de su densidad poblacional y a las prácticas agropecuarias.

De acuerdo con el análisis y valoración de las amenazas sobre los objetos de conservación establecido en el Plan de Manejo de Merendón, el cambio de uso de suelo y malas prácticas productivas tienen una valoración alta de amenazas sobre el sistema ecológico hídrico, bosque de conífera, bosque mixto y felinos mayores presentes en la ZRM. Muchos de estos efectos se le atribuyen a la ganadería. Las actividades pecuarias son variadas y sus prácticas son tradicionales, principalmente para la subsistencia y la comercialización en pocas cantidades. Estas actividades promueven los incendios forestales, ya que facilita la quema de potreros para la eliminación de pastos viejos y favorece el rebrote de pasto, haciéndolo más agradable para los animales.

Dado a estas condiciones que presenta la subcuenca del río Manchaguala, se recomienda realizar buenas prácticas agrícolas, ganaderas y manejo forestal (CATIE, 2017). La ganadería en muchas ocasiones se caracteriza por tener niveles bajos de productividad y rentabilidad, generando a su vez impactos ambientales adversos (Alonso, 2011). No obstante, existen diversas tecnologías como los sistemas silvopastoriles y buenas prácticas en cuanto al manejo que favorezca la integración de árboles y arbustos en sistemas silvopastoriles, como una práctica necesaria para la cría de animales en el trópico (Casasola, Ibrahim, Sepúlveda, Ríos y Tobar, 2009). Es necesario hacer un cambio en el manejo de los sistemas pecuarios a sistemas más sostenibles que involucren sistemas agroforestales pecuarios, uno de ellos los sistemas silvopastoriles y la creación de servicios ambientales (Calle, Murgueitio y Chará, 2012).

Los sistemas silvopastoriles son actividades de producción pecuaria en donde las especies leñosas, interactúan junto con forrajes dentro de un sistema de manejo integral, que resulta una opción de producción sostenible que reduce los impactos ambientales que surgen de los sistemas de producción tradicional y puede ser una opción para la rehabilitación de suelos ganaderos, conservación de recursos naturales y reducción de costos (Mahecha et al., 2011; Murgueitio, Z. Calle, Uribe, Calle y Solorio, 2011). Del mismo modo, los sistemas silvopastoriles brindan bienes y servicios ambientales, tangibles e intangibles (Pagiola et al., 2005).

Estos sistemas tienen la capacidad de aumentar la producción y la calidad de las pasturas, y a su vez disminuyen las emisiones de gases de efecto invernadero. También influyen en el aumento de la biodiversidad de la flora y fauna y benefician los cursos de agua potable. Los sistemas silvopastoriles, en sus diversos modos (árboles dispersos, barreras vivas, sistemas intensivos) resultan ser una ruta viable para la rehabilitación de las tierras (Murgueitio et al., 2011). Estos sistemas también permiten crear una estructura vegetativa completa que tiene un alcance de alta importancia para recuperar la biodiversidad y procesos ecológicos (Montoya et al., 2015).

Dentro de los servicios ecosistémicos que ofrece los sistemas silvopastoriles son el reciclaje de nutrientes, fijación de nitrógeno, descompactación de suelo y fertilización natural (Calle, Chará, Murgueitio y Giraldo, 2014; Chará et al., 2015). Los sistemas silvopastoriles al ser una mezcla de arbustos forrajeros, árboles y pastos, tienden a ser una buena alternativa para disminuir el impacto que ocasiona la ganadería sobre el medio ambiente (Deambrosi, Capozzolo y Castro, s.f.), ya que, conservan la cobertura vegetal y ayudan a la fertilización del suelo, así como también mejora la

producción animal y genera mayor rentabilidad (IICA, 2016), el silvopastoreo también es una estrategia para la mitigación del cambio climático (Arciniegas-Torres y Flórez-Delgado, 2018).

Estos sistemas presentan múltiples ventajas siendo una de estas el mejoramiento de la fertilidad del suelo, debido a que los árboles y arbustos perennes mejoran la estructura del suelo (Mahecha, 2002). La implementación de gramíneas con los árboles y arbustos facilita que la incorporación de nutrientes sea alta, debido a que estos nutrientes son extraídos y luego son devueltos al suelo mediante la defecación, lo que ayuda a mejorar las propiedades físicas del suelo (Sadeghian, Rivera y Gómez, 2000). Por otra parte, muchos sistemas implementan leguminosas y estas al asociarse con bacterias conocidas como *Rhizobium*, captan el nitrógeno atmosférico y aumentan la disponibilidad para las gramíneas en el suelo. Esto también contribuye a la sustitución de abonos nitrogenados y disminuyen los costos por fertilización (Zuluaga et al., 2011).

En cuanto a la contribución para disminuir los riesgos ante desastres, los sistemas silvopastoriles contribuyen a mejorar la actividad de la micro y macrofauna, por medio de la incorporación de materia orgánica al suelo debido a la endofauna, lo que ayuda a promover la estabilidad del suelo y mejora la infiltración del agua. También, disminuye los procesos de erosión, debido a las funciones ecológicas de los árboles, con respecto a la minimización de los impactos directos del sol, viento y agua (Fassbender, 1993). Alonso (2011) menciona que, aparte de la conservación de la biodiversidad, protegen las cuencas hídricas y potencian las propiedades fisicoquímicas y biológicas de los suelos.

En general, los sistemas silvopastoriles presentan múltiples ventajas desde una visión agroecológica. Sin embargo, también mejora la producción, de manera que se regula el estrés climático en los animales. Las especies leñosas aportan beneficios directos a la productividad del sistema agropecuario, dado a que regulan la potencialidad de los factores desfavorables del clima hacia el animal, permitiendo un mayor consumo de alimento. También, mejora los parámetros productivos y reproductivos, aportando directamente condiciones favorables que benefician la calidad y desarrollo de las pasturas (Petit, 2012).

Dentro de los sistemas, se relacionan actividades en cuanto a la protección ambiental como la siembra de árboles en nacimientos de agua o el establecimiento de cercas vivas. Muchas de las fincas ganaderas con sistemas silvopastoriles en donde se implementen árboles dispersos y cercas vivas, ayudan a la disminución de efectos de la contaminación de agua (Auquilla, 2005). La planificación de las fincas ganaderas, en cuanto a la protección de los recursos hídricos, puede lograr su regulación y conservación, por medio de la arborización y la implementación de sistemas silvopastoriles. También, la implementación de especies arbóreas es una estrategia para la diversificación de ingresos (Aragón y Salgado, 2014), mediante los cambios de uso de la tierra y el aumento de la productividad ganadera.

La ganadería y los sistemas silvopastoriles necesitan de la planificación en base a las condiciones y características presentes en la zona (Peña y Casanova, 2010). Es de suma importancia la generación de información que facilite conocer cuales sistemas son más adaptados a la zona y los servicios ecosistémicos que se obtienen por medio de estos sistemas de producción. Para ello, se realizó una consulta de actores clave, en donde se obtuvo información general sobre la situación actual de la ganadería dentro de la subcuenca Manchaguala.

Los sistemas silvopastoriles, se propusieron de acuerdo con las zonas prioritarias y potenciales (Cuadro 9). Para las zonas prioritarias, se recomienda que se utilice el sistema de corte y acarreo, de forma de disminuir los efectos adversos del pastoreo y poder disminuir la presión agrícola en las zonas de protección hidrológica. Para las demás zonas potenciales, se recomiendan sistemas silvopastoriles con una visión agroecológica.

Cuadro 7. Arreglos de sistemas silvopastoriles según las áreas establecidas.

Sistemas	Áreas prioritarias	Áreas potenciales
Cercas vivas	X	X
Árboles dispersos	X	X
Pasturas mejoradas		X
Ramoneo multiestrato		X
Bancos forrajeros de corte y acarreo	X	X

Agroforestería con regeneración natural. Esta práctica reduce en gran manera la mano de obra y de insumos, comparado con otros sistemas silvopastoriles. Con la Agroforestería de regeneración natural, se utilizan las especies de la zona, en lugar de introducir otras especies. De esta forma, también se aprovecha el terreno con distintos cultivos, se diversifica el ecosistema y se protege el suelo por medio del establecimiento de árboles. Esta práctica está relacionada a disminuir la quema y realizar un ordenamiento de la finca. La regeneración natural, se puede realizar en cualquier pendiente. Sin embargo, se recomienda que se utilice en zonas con pendientes pronunciadas donde se ha cambiado el uso de suelo de vocación forestal a agrícola, siendo esencial para la protección del suelo y fuentes de agua (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central [PASOLAC], 2000).

Cercas vivas. Actualmente, en la zona se utilizan cercos muertos de madera para cercar los potreros. Por lo que, se recomienda la implementación de cercas vivas como reemplazo de los cercos muertos. La siembra de especies leñosas perennes como cercas vivas ha sido una práctica muy tradicional en América Latina (Ivory, 1990). El establecimiento de cercas vivas ha tomado una gran importancia tanto económica como ecológica, ya que se ahorra aproximadamente un 54% en relación con los postes muertos (Holmann et al., 1992) aparte que es una forma de implementar árboles dentro de los potreros y su duración es más prolongada. Las cercas vivas propician el aumento de cubierta vegetal y pueden servir como alimento para el ganado.

El principal propósito de las cercas vivas es brindar control sobre el movimiento de los animales, así mismo se mejoran las condiciones microclimáticas brindándole sombra al ganado, se delimita el área y se dividen los potreros, también sirven como barreras rompevientos. La especie que se recomienda para cercas vivas es *Gliricidia sepium* y *Trichanthera gigantea*, comúnmente llamados Madreado y Nacedero. El nacedero es una especie que árbol mediano que tiene gran importancia en la protección y recuperación de cuencas hidrográficas. Es recomendable, utilizar dos especies de árboles (Figura 13), debido a que se debe de garantizar follaje durante todo el año y también otros usos como la leña, madera y forraje. El costo de reemplazar cercos muertos y establecer 500 metros lineales de cercas vivas es de alrededor HNL 13,058.23 (Cuadro 10).

Para su establecimiento, El Programa Bosques y Agua (2013), propone lo siguiente:

- a. Para la obtención de estacas, se seleccionan árboles sanos sin plagas ni enfermedades, y con poco o ningún daño mecánico.
- b. Se deben de preparar las estacas. Las estacas deben ser lo más rectas posibles, con un largo de 2 a 2.5 m y un diámetro de 8 a 10 cm como mínimo. Para el corte superior debe de ser en bisel y para el corte inferior tiene que ser recto, de manera de facilitar el escurrimiento y mejor el enraizamiento.
- c. Las estacas es preferible no sembrarlas inmediatamente después de su corte, sino hasta una o dos semanas, de manera que se pueda estimular las reservas de nutrientes en la parte inferior y de esa manera tener un mejor enceppe. La mejor época de siembra es en mayo-junio.
- d. La distancia de siembra se recomienda que sea de 2 a 3 m entre cada árbol, sin embargo, depende del criterio de cada productor, así como de su disponibilidad.
- e. El alambre de púas se debe instalar una vez que las plantas estén completamente enraizadas y con un diámetro de 15 o más, lo que representa alrededor de 6 a 9 meses. Se debe de tener en consideración que, al instalar el alambre de púas, es necesario poner pedazos de caucho, plástico o amarrarlos con cabuya de manera que, en el crecimiento de la cerca viva, el alambre no se pierda.
- f. En cuanto al manejo de las cercas, se debe de realizar una resiembra cuando se haya perdido al menos un 10%, para poder mantener una homogeneidad en las cercas. También, en caso de existir ramoneo, se debe de eliminar los brotes bajos o estercolar los postes, para evitar que el ganado los dañe y consuma.
- g. La primera poda se debe realizar a los 2 años de haber sembrado las estacas. Esta puede ser una poda parcial o total, sin embargo, se recomienda que se realice la poda parcial. De esta manera, no afectaría la sombra para el ganado ni animales silvestres.

Cuadro 8. Estimación de costos para el establecimiento de 500 metros de división de potreros junto con cercas vivas.

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario (HNL)	Costo total (HNL)
Brotones	Brotón	333	6.20	2,064.60
Postes muertos	poste	125	29.76	3,723.75
Rollos de alambre	rollo	5	868.00	4,340.00
Grapas para alambrado	lb	6	24.08	144.48
Mano de obra para ahoyado, siembra y cercado	jornal	14	173.60	2,430.40
Cabuya para amarre de brotones	rollos	3	50.00	150.00
Replante del 10% de brotones	brotón	33	6.20	205.00
TOTAL				13,058.23

Fuente: Adaptado de (Programa Bosques y Agua, 2013).

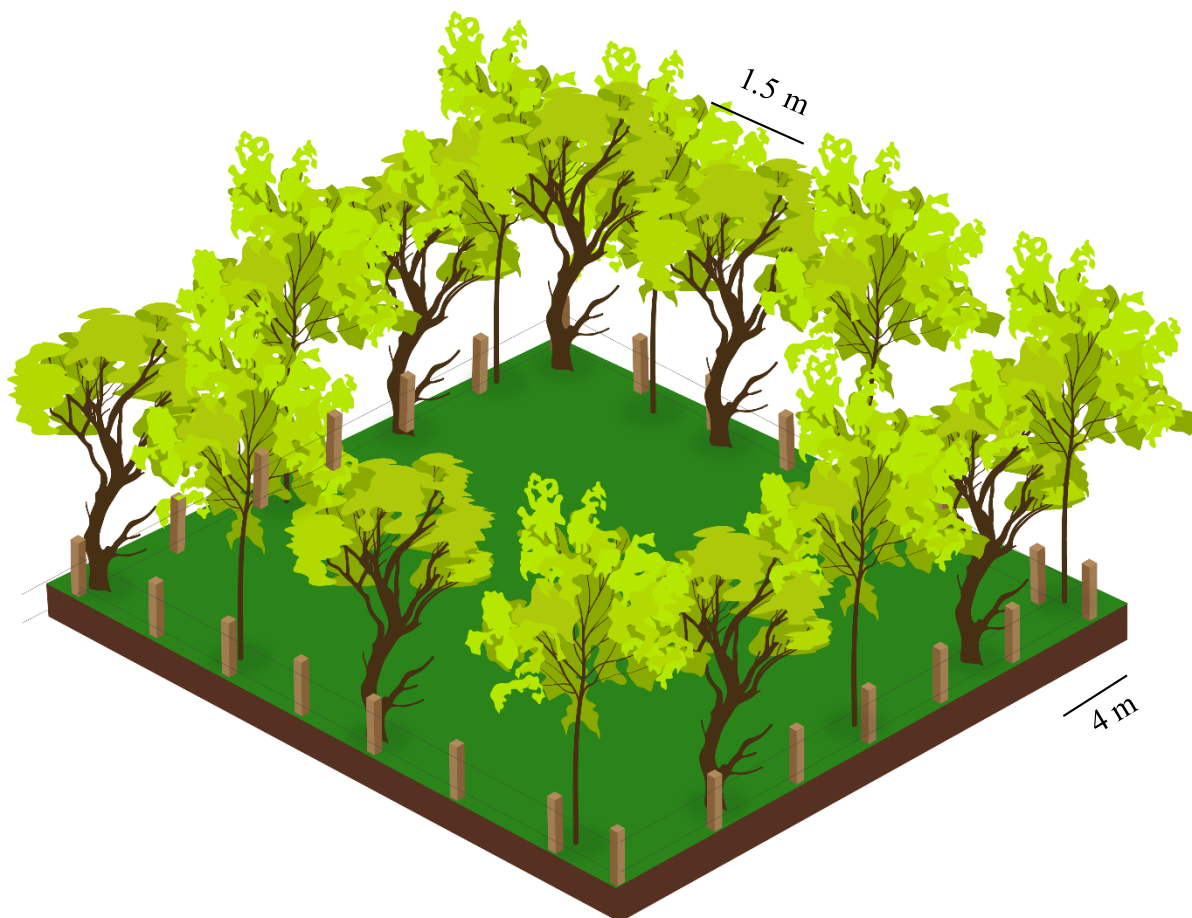


Figura 13. Arreglo silvopastoril de cercas vivas.

Pasturas mejoradas. Uno de los principales problemas que se encuentran en las fincas ganaderas de la subcuenca Manchaguala, es la escasez de pasto durante la época seca. Actualmente, el pasto natural de la zona es la especie *Brachiaria brizantha*. Esta gramínea tiene una buena adaptación a la combinación con especies arbóreas y tolerancia media en las temporadas secas, sin embargo, las fincas siguen presentando problemas debido a que su rebrote es lento. Por lo que, se recomienda sembrar una nueva pastura mejorada, la especie *Brachiaria humidicola*. Esta pastura tiene una alta resistencia a la sequía y alta resistencia a la humedad, con requerimientos de fertilidad de suelo entre baja a media y se adopta a altitudes que van desde 0 - 1,800 msnm. El momento de siembra debe ser en temporada de lluvias y con una profundidad de 1 – 2 cm. Su porcentaje de proteína cruda es de 7% y el primer pastoreo dura aproximadamente 150 días. La producción de forraje es de 10 a 12 tn ms/ha/año (FAO, 2015).

Diversos estudios realizados demuestran que las pasturas manejadas correctamente y con bajas presiones de carga animal, junto a la disponibilidad de cobertura durante todo el año, tiene alta eficiencia en cuanto a la captación de agua (Cárdenas et al., 2007). El costo de reemplazo de pasturas para una manzana es de HNL 2,384.48 (Cuadro 11).

Para su establecimiento, El Programa Bosques y Agua (2013), considera lo siguiente:

- a. Seleccionar el área.
- b. Preparar el terreno, con chapia.
- c. Se recomienda realizar una prueba de germinación, con el fin de determinar la calidad de la semilla para establecer la cantidad a sembrar.
- d. La propagación se da por semillas o estolones, los estolones pueden sembrarse al voleo o sembrarlos en surcos con un distanciamiento de 60 a 100 cm y la distancia entre plantas de 50 a 60 cm y se requiere 1t/ha. En caso de ser por semillas, se necesita de 5 a 6 kg/ha
- e. Para la siembra, se recomienda que sea a principio de la temporada lluviosa, con el fin de aprovechar las lluvias suaves y prevenir el arrastre de las semillas.
- f. Durante el primer año de haber sembrado, no se debe permitir el ingreso del ganado al menos de 3 – 4 meses, para alcanzar un buen desarrollo radicular y que pueda ocurrir el desprendimiento de la semilla, después de floración para asegurar duración de la pastura.

Cuadro 9. Estimación de costos para reemplazar una manzana de pasto natural por *Brachiaria humidicula*.

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario (HNL)	Costo total (HNL)
Semilla de pasto dulce	kg	5	290.00	1,450.00
Mano de obra para preparación de terreno	jornal	4	173.60	694.40
Mano de obra para la siembra de semillas (chuzo, macana o barreta)	jornal	10	24.08	240.08
TOTAL				2,384.48

Fuente: Adaptado de (Programa Bosques y Agua, 2013).

Árboles dispersos en potreros. Este sistema consiste en la siembra de árboles y/o arbustos de manera aleatoria dentro de las áreas de pastoreo. El objetivo principal de los árboles dispersos es mejorar la cobertura vegetal y generar un ambiente agradable para el ganado, mediante la provisión de sombra o refugio para lluvia. En Centroamérica existen una gran cantidad de fincas ganaderas en donde se caracterizan por tener árboles dispersos, ya sea para proveer sombra, alimento para el ganado o generar ingresos adicionales por la venta de madera o frutales. Por lo general, se utilizan especies de árboles nativos de la zona, con follaje para el verano, lo cual genera sombra.

Los árboles en potrero propician un buen funcionamiento fisiológico en cuanto a los procesos de alimentación, reproducción y producción (Ojeda, Restrepo, Villada y Cesáreo, 2003). Las especies recomendadas y más utilizadas son las de rápido crecimiento como el Guamo (*Inga edulis*) y la Teca (*Tectona grandis*) para el sistema de árboles dispersos (Figura 14). El costo de establecimiento de árboles dispersos en potrero para ambas especies es de HNL 6,469.28 (Cuadro 12).

Para su establecimiento, El Programa Bosques y Agua (2013), propone lo siguiente:

- a. En cuanto al arreglo espacial, se recomienda que sean 25 - 50 árboles leñosos por hectárea.

- b. La especie que se debe elegir tiene que ser de copa densa, debido a que no posibilitaría la entrada de luz solar al pasto.
- c. Las especies de árboles a establecer no deben de botar las hojas en el verano, ya que, en el verano, el ganado no tendría sombra.
- d. Para la siembra se realiza un ahoyado de $30 \times 30 \times 30$ cm. La altura mínima de los árboles a plantar debe ser de 25 cm o tener como mínimo cuatro pares de hojas verdaderas. Si la siembra será por estacas, es necesario que sean rectas, con una altura de 2 a 3 metros y de 4 a 7 cm de diámetro. El corte inferior debe ser recto y el superior, inclinado.
- e. La distribución debe ser uniforme y el todo el potrero, para permitir la libre circulación de los animales.
- f. Con el fin de protegerlas en las etapas iniciales de crecimiento, se debe poner un cerco de protección para evitar cualquier daño que el ganado pueda provocar.
- g. Para el manejo de arvenses, se debe realizar un corte en círculo con un radio de medio metro alrededor del árbol, con el fin de facilitar su crecimiento e impedir cualquier competencia por sol, agua o nutrientes.
- h. Se debe de hacer un raleo cada vez que los árboles se encuentren con mucho follaje, de esta manera se mejora la disponibilidad de luz, agua y nutrientes. Esta práctica de manejo consiste en eliminar los árboles enfermos o aquellos que presenten daños o se encuentren dominados, de forma que solo queden los de mejor condición.
- i. Otra práctica de manejo de árboles dispersos es la poda. Esta tiene como finalidad cortar las ramas inferiores de los árboles, para obtener una mejor producción de madera de alta calidad y mejorar la forma del tronco. La poda se recomienda realizarla a finales de la temporada seca, para impedir cualquier aparición de hongos en los cortes.
- j. Se pueden seleccionar árboles que sirvan como alimento para los animales y proveerles en épocas críticas.

Cuadro 10. Estimación de costos para la implementación de árboles dispersos en potrero de una manzana de Teca y Guamo.

Descripción	Cantidad (HNL)
Costo de plantas	600.00
Establecimiento de pasto	2,384.48
Insumos para producción ganadera	215.20
Mano de obra	694.40
Mantenimiento	2,572.50
TOTAL	6,469.28



Figura 14. Arreglo silvopastoril de árboles dispersos.

Con los sistemas silvopastoriles se busca aumentar la eficiencia de diversos procesos biofísicos necesarios, por ejemplo, la fotosíntesis en por lo menos cuatro estratos de vegetación, con el objetivo de incrementar la biomasa y generar mayor contenido de materia orgánica en el suelo (Murgueitio, Uribe y Tafur, 2013). Murgueitio, Barahona, Flores, Chará y Rivera (2016) Señalan que a esta interacción de varias especies se le conoce como sistemas silvopastoriles intensivos, el cual es una forma de sistema silvopastoril pecuario en donde se busca la producción de carne, leche, madera, frutas u otros bienes, que interactúan dentro del mismo espacio y tiempo. Dentro del estrato herbáceo, están las gramíneas forrajeras y también las plantas leguminosas herbáceas. El segundo estrato lo conforman los arbustos forrajeros y el tercer y cuarto está conformado por árboles de cualquier tipo, también divisiones de potrero y árboles dispersos.

Dado al incremento de la calidad nutricional en la dieta alimenticia de los animales, en los sistemas silvopastoriles la producción de carne y leche es mayor, en comparación con los sistemas tradicionales (Cuartas et al., 2014; Gaviria, Rivera y Barahona, 2015). Estos sistemas son más rentables, debido a que su producción aumenta hasta cuatro veces comparados con el pastoreo extensivo. Además, se reducen los costos en cuanto a los sistemas intensivos con la fertilización y riego de pastos, junto con alimento concentrado. A su vez, se incrementa la carga animal hasta cinco veces mayor que el pastoreo extensivo, generando una mayor producción de carne, pasando de 200 kg año a 80 - 1,200 kg año (Mahecha et al., 2011; Solorio-Sánchez et al., 2012).

La estacionalidad de reproducción se reduce, dado a que el animal cuenta con disponibilidad de alimento en épocas críticas y experimenta menos estrés calórico, ya que, se reducen de 6 -14 °C de temperatura ambiental (Murgueitio, Uribe et al., 2013). Por lo tanto, la producción de carne por

hectárea aumenta. De forma que se puedan integrar todos estos aspectos, se realizó una propuesta de sistema silvopastoril intensivo de pastoreo-ramoneo (Cuadro 14), las especies arbustivas seleccionadas corresponden a las especies *Tithonia diversifolia* y *Leucaena leucocephala* (Figura 15), las cuales contienen 29.28% y 23.87% de proteína cruda y una digestibilidad de materia seca de 60.19 y 61.55% (Canul, Castillo, Escobedo, López y Lara, 2018). Para esto, se realizó el siguiente arreglo (Cuadro 13).

Cuadro 11. Arreglo de sistema silvopastoril intensivo de pastoreo-ramoneo.

Material	Nombre científico	Nombre común
Material forestal	<i>Tectona grandis</i>	Teca
Material arbustivo	<i>Tithonia diversifolia</i> <i>Leucaena leucocephala</i>	Botón de oro Leucaena
Material herbáceo	<i>Brachiaria humidicola</i>	Pasto dulce
Material de periferia	<i>Gliricidia cepum</i> <i>Trichantera gigantea</i>	Madreado Nacedero

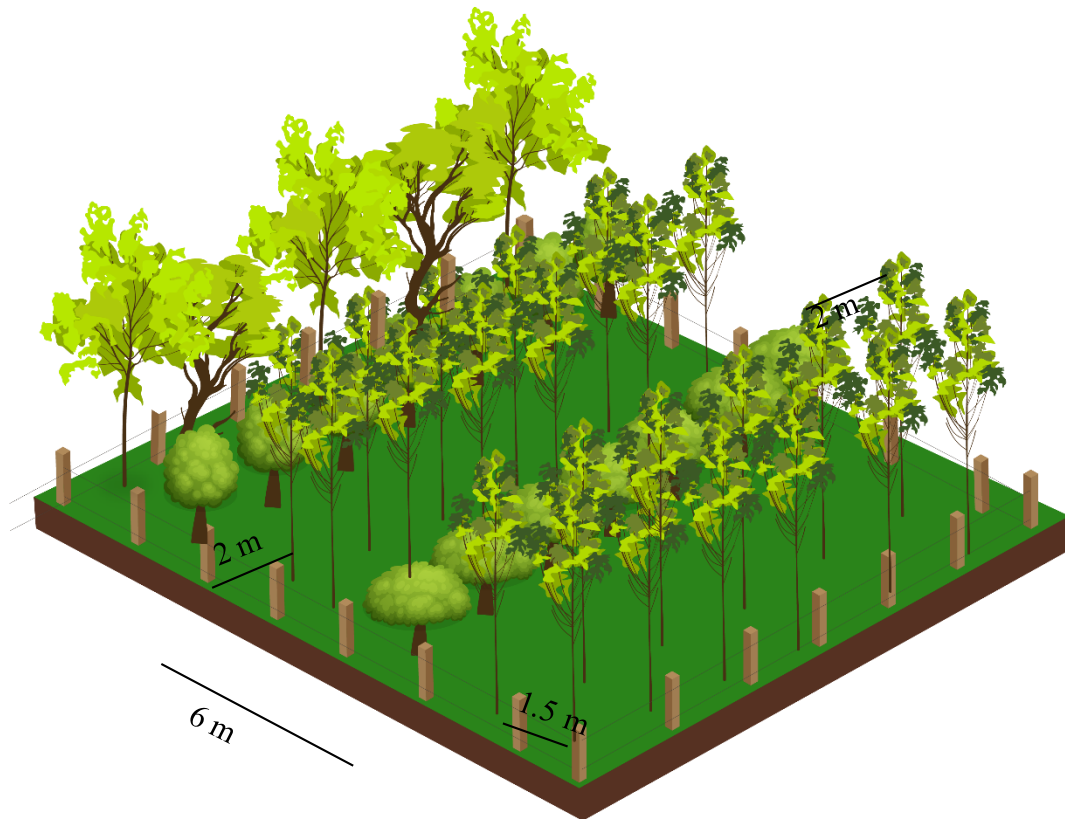


Figura 15. Arreglo silvopastoril de ramoneo multiestrato.

Cuadro 12. Estimación de costos para el establecer un arreglo silvopastoril de ramoneo de una manzana.

Descripción	Cantidad (HNL)
Costo de plantas	6,550.00
Establecimiento de pasto	2,384.48
Insumos para producción ganadera	215.20
Mano de obra	694.40
Mantenimiento	2,572.50
Cercas	3,733.75
TOTAL	16,153.33

Bancos forrajeros de gramíneas y leguminosas. Como respuesta a la problemática de la falta de alternativas de alimento en temporada seca, se ha priorizado la instalación de bancos forrajeros de gramíneas y leguminosas. Con esto, se podrá suplir la demanda nutricional de alimento en temporada seca. Los bancos forrajeros son áreas en la finca en donde se siembran y cultivan árboles o arbustos con alta densidad, con el fin de producir biomasa de calidad nutritiva elevada, para la alimentación de los animales en la temporada de escasez de pasto (Holguín e Ibrahim, 2005). Con el establecimiento de los bancos forrajeros, se reduce la obligación de comprar otros suplementos alimenticios en épocas críticas. Este sistema es una opción para la intensificación de la ganadería en menor espacio de la finca, hasta se pueden liberar zonas que pueden ser destinadas para la conservación (Villanueva, Ibrahim y Haensel, 2010). También, desde la vista agroecológica, se mejora el uso de suelo, y con esto se disminuye el área destinada a la ganadería y se realiza una reconversión productiva (Jiménez-Trujillo y Sepúlveda, 2015).

Los beneficios principales que los bancos forrajeros ofrecen son: propician el aumento de la producción de leche de entre 10 a 20%, crean empleos rurales para el corte y acarreo y se mejora la biodiversidad y fijación de carbono (Cisneros-Saguilán y Gallardo-López, 2014). El forraje, puede ser suministrado a los animales ya sea en estado verde o realizar procesos para almacenarlos y proporcionarlos en época seca, ya sea henificación o ensilaje. Existen diversas maneras en las que se puede aprovechar los bancos forrajeros, por medio de corte y acarreo o pastoreo directo. En este caso, se recomienda el corte y acarreo con la especie *Cratylia argentea*. Esta especie conserva sus hojas en toda la época seca y respondería a la problemática existente de los ganaderos. El costo de establecimiento de 1 manzana de banco forrajero es de HNL. 16,450.00.

Para su establecimiento, Holguín e Ibrahim (2005), proponen lo siguiente:

- Se debe establecer en áreas cercanas al establo, a manera de facilitar el acarreo.
- Priorizar las áreas más planas y suelos fértiles, para asegurar la producción de pasto.
- La especie debe contener alto porcentaje de proteínas y que se pueda adaptar a las condiciones de la zona.
- Se recomienda realizar un tratamiento pre-germinativo, en donde se debe sumergir en agua a temperatura ambiental, durante 12 a 36 horas. La especie *Cratylia*, se tarda aproximadamente de 4 a 6 días en germinar, cuando se le realiza un pre-tratamiento.
- Para el distanciamiento de siembra de la *Cratylia* con diseño sencillo de hilera y distanciamiento de 1 metro entre hileras y distancia entre posturas de 0.5 metros, el total de plantas por manzana será de 14,110 plantas.

- f. Se debe de realizar limpiezas de banco y tener un buen control de malezas antes y durante el establecimiento de la planta. Las limpiezas se deben de realizar cuando la maleza alcance la altura de la planta y debe ser de forma manual y parcial, con sumo cuidado de no dañar las plantas.
- g. Para la fertilización, se recomienda aplicar abonos orgánicos, siendo estos mucho más económicos que los fertilizantes normales. Se recomienda abonar con estiércol seco, aplicando 100 g. por postura.
- h. Para el primer aprovechamiento se realiza al mismo tiempo, la poda de formación y otra de homogenización, ya que provoca el rebrote de las ramas y genera mayor macollamiento del arbusto y también reduce la competencia de las plantas que no lograron alcanzar el tamaño adecuado.
- i. Para el primer corte, es necesario realizarlo cuando los arbustos presentan un buen desarrollo, y no basarse en cuanto a la edad. Lo ideal, es aprovecharlos cuando estos alcancen más de 2 m.
- j. Para la especie *Cratylia*, esta nunca deja caer sus hojas, independientemente de la época. Es por ello, que no es necesario, realizar el corte entre los 2 a 3 meses antes de la temporada seca (octubre o noviembre). Sin embargo, es mejor, ya que se mejora la calidad y valor nutricional de las hojas y se reduce la cantidad de material leñoso.
- k. Los cortes deben ser bajos, de manera que se facilite el corte y acarreo, evitando que el trabajador se pueda enredar. Para la *Cratylia*, el corte no debe ser tan bajo, debe ser entre los 60 a 100 cm de altura.
- l. La *Cratylia* responde muy bien como suplemento alimenticio en temporada seca, mezclado con pasto de corte. Estudios han mostrado que se obtienen aproximadamente 300 g. de materia seca por planta, durante el primer corte en temporada seca, con una densidad de siembra de 10,000 a 14,000 plantas por manzana. Las vacas o novillos en producción o crecimiento deben de comer el 3% de su peso vivo/día/materia seca.
- m. Para estimular el consumo de leguminosas, se sugiere suplementar el ganado con el corte del día anterior de la *Cratylia*, es decir, con el material que fue oreado durante 24 horas y se debe proporcionarlo como heno. Esto permite que el material oreado sea más digestible y tenga mejor sabor.
- n. A los 2 años de haberse establecido la *Cratylia*, cada planta produce alrededor de 550 g. de forraje fresco, y contiene un 28% de materia seca.

Cuadro 13. Estimación de costos para la implementación de una manzana de bancos forrajeros con *Cratylia diversifolia*.

Descripción	Cantidad (HNL)
Mano de obra para limpieza y preparación del terreno	2,500.00
Corte, acarreo y siembra	3,800.00
Fertilización	1,600.00
Control manual de malezas	750.00
Corte y Transporte de Forraje	7,800.00
TOTAL	16,450.00

4. CONCLUSIONES

- En los primeros 150 metros aledañas alrededor de las zonas de protección hidrológica establecidas de acuerdo con La Ley Forestal de Honduras, se encuentran pastos y/o cultivos y esto podría impactar directamente la calidad del agua.
- Según la zonificación altitudinal de la subcuenca, la mayoría de pastos y cultivos se encuentran en la zona baja y media. Sin embargo, existen pastos y cultivos en la zona alta que podría ocasionar problemas en la zona baja relacionados al suelo y al recurso hídrico.
- En la subcuenca de Manchagua, gran parte de los pastizales se encuentran en pendientes menores a 30% y en suelos poco profundos (Simmons y Castellanos). También, se encuentran en rangos de altitud de 73 a más de 1,500 msnm. Por otro lado, estos pastizales se destinan a ganadería de pequeña escala, principalmente para la producción de carne.
- Para la implementación de los sistemas silvopastoriles se identificó un área prioritaria dividida en dos clases de pendientes (mayor a 30% y menores al 30%) en la zona de protección hidrológica y un área potencial en el resto de la subcuenca Manchagua. En estas áreas, se propone la implementación de arreglos silvopastoriles, relacionados a cercas vivas, pasturas mejoradas, bancos forrajeros y ramoneo multiestrato.

5. RECOMENDACIONES

- Socializar los resultados de este estudio con los diferentes actores de la zona (Fundación Merendón, División Municipal Ambiental de San Pedro Sula, ICF, WWF y ganaderos) con el fin de promover el desarrollo de un programa de sistemas silvopastoriles y que a futuro se pueda capacitar a los productores en el manejo y aplicación de prácticas agroecológicas.
- Ampliar el estudio de suelos y generar más información acerca de las propiedades físicas y químicas del suelo con el fin de determinar la aptitud del suelo y así evaluar la adaptabilidad de los sistemas silvopastoriles propuestos y de otros sistemas de producción que se podrían adaptar en la subcuenca.
- Desarrollar una evaluación del impacto de la actividad ganadera actual en las franjas de protección hidrológica con relación a la calidad del agua.
- Las prácticas silvopastoriles se deben planificar con base en las características y necesidades de cada finca dentro de la subcuenca, junto con un estudio socioeconómico detallado de cada productor y en el marco de la zonificación del plan de manejo de la ZRM.

6. LITERATURA CITADA

- Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana De Ciencia Agrícola*, 45(2), 107-115.
- Aragónés, A. y Salgado, U. (2014). El efecto de las remesas en la pobreza en comunidades de la sierra Gorda de Querétaro. En V. S. Ávila (coord.), *Pobreza y sustentabilidad. Capitales en comunidades rurales* (pp. 41-70). México: Ariel.
- Arciniegas-Torres, S. y Flórez-Delgado, D. (2018). Estudio de los sistemas silvopastoriles como alternativa para el manejo sostenible de la ganadería. *Ciencia y Agricultura*, 15(2), 107-116.
- Auquilla, R. (2005). *Uso del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas silvopastoriles en la Subcuenca del Río Jabonal, Costa Rica* (Tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica.
- Betancourt, D. y Ramos, A. (2017). *Análisis de seguridad hídrica en el Municipio de San Pedro Sula, Cortés, Honduras* (Documento técnico). Alianza estratégica para la seguridad hídrica de San Pedro Sula, Honduras.
- Brody, R. (1999). Geographic information systems. Business Applications and Data. *Journal of Business and Finance Librarianship*, 5(1), 3-18. doi: 10.1300/J109v05n01_02.
- Calle, Z., Chará, J., Murgueitio, E. y Giraldo, C. (2014). Intensive silvopastoral systems: Integration of sustainable cattle ranching, silviculture and restoration at the landscape scale. En: A. Calle, Z. Calle, E. Garen y A. Del Cid-Liccardi (Eds.), *Ecological Restoration and Sustainable Agricultural Landscapes*. Simposio presentado en la III Iberoamerican and Caribbean Conference on Ecological Restoration, New Haven, Connecticut: Yale University; Ciudad de Panamá: Instituto Smithsonian de Investigación Tropical.
- Calle, Z., Murgueitio, E. y Chará, J. (2012) Integrating forestry, sustainable cattle-ranching and landscape restoration. *Unasylva*, 63(239), 31-40.
- Canul, J., Castillo, L., Escobedo, J., López, M. y Lara, P. (2018). Rendimiento y calidad forrajera de *Gliricidia sepium*, *Tithonia diversifolia* y *Cynodon nlemfuensis* en monocultivo y sistema agroforestal. *Agrociencia*, 52(6), 853-862.
- Cárdenas, A., Reyes, B., Ríos, N., Woo, A., Ramírez, E. e Ibrahim, M. (2007). Impacto de los sistemas silvopastoriles en la calidad del agua de dos microcuencas ganaderas de Matiguás, Nicaragua. *Encuentro*, 39(77), 70-82. doi: 10.5377/encuentro.v0i77.3677
- Casasola, F., Ibrahim, M., Sepúlveda, C., Ríos, N. y Tobar, D. (2009). Implementación de sistemas silvopastoriles y pago de servicios ambientales en Esparza, Costa Rica: una herramienta para la adaptación al cambio climático en fincas ganaderas. En M. Ibrahim y C. Sepúlveda (Eds.), *Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación al cambio climático en América Central* (pp. 169-188). Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza [CATIE]. (2017). *Diagnóstico de la cuenca Manchagua con enfoque de gestión de riesgo del recurso hídrico, San Pedro Sula, Honduras*. Disponible en <http://mesaordenamientovalledesula.blogspot.com/2017/03/diagnostico-de-la-cuenca-de-manchagua.html>
- Cerrud, R. (2002). *Caracterización de los sistemas silvopastoriles tradicionales en el Distrito de Bugaba-Panamá* (Tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica.
- Chará, J., Camargo, J., Calle, Z., Bueno, L., Murgueitio, E., Arias, L., Dossman, M. y Molina, C. (2015). Servicios ambientales de Sistemas Silvopastoriles Intensivos: mejora en propiedades del suelo y restauración ecológica. En: F. Montagnini, E. Somarriba, E. Murgueitio, H. Fassola y B. Eibl (Eds.). *Sistemas Agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales* (Serie técnica: Informe técnico No. 402, pp. 331-347). Turrialba, Costa Rica: CATIE; Cali, Colombia: Fundación CIPAV.
- Cisneros-Saguilán, P. y Gallardo-López, F. (2014). Sustentabilidad de la unidad de producción: Tecnologías silvopastoriles para la ganadería bovina sustentable en el trópico. En Y. Villasmil (Ed.), *Buenas prácticas en Ganadería Doble Propósito* (1ra ed., pp. 281-288). Maracaibo, Venezuela: Ediciones Astro Data, S.A.
- Congreso Nacional. (2010). Acuerdo Ejecutivo No.031-2010. Reglamento General de la Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre. Publicado en *La Gaceta Diario Oficial* No. 32,342, del 16 de octubre del 2010. Honduras.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA]. (2013). *Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe, 2014*. CEPAL, FAO e IICA. Disponible en https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37136/1/Perspectivas_agricultura2014_es.pdf.
- Cooperativa Mixta Juvenil. (2014). *Informe Mapeo de Actores de la Zona de la Reserva del Merendón*. San Pedro Sula, Cortes.
- Cuartas, C., Naranjo, A., Tarazona, E., Murgueitio, J., Chará, J., Ku, V. y Barahona, R. (2014). Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 27(2), 76-94.
- de la Rosa, D. (2008). *Evaluación agroecológica de los suelos para un desarrollo rural sostenible* (1ra ed.). Madrid: Mundi-Prensa.
- Deambrosi, A., Capozzolo, M., Castro, C. (s.f.). Sistemas silvopastoriles. Producción y Sustentabilidad. *Voces y Ecos*, (29), 28-30.
- Fassbender, H. (1993). *Modelos edafológicos de sistemas agroforestales*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Fautino, J. (2001). *Manual del participante: curso de manejo de cuencas: conceptos generales sobre gestión y manejo de cuencas, diagnóstico y línea base*. Tegucigalpa, Honduras.

- Galindo, S., Murgueitio, R., Giraldo, L., Marín, Q., Berrio, T. y Uribe, T. (2003). *Manejo sostenible de los sistemas ganaderos andinos* (1ra ed.). Cali, Colombia: Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV).
- Gaviria, X., Rivera, J. y Barahona, R. (2015). Calidad nutricional y fraccionamiento de carbohidratos y proteína en los componentes forrajeros de un Sistema silvopastoril intensivo. *Pastos y Forrajes*, 38(2), 194-201.
- Guerra, F. y González, J. (2002). Caracterización morfométrica de la cuenca de la quebrada La Bermeja, San Cristóbal, Estado Táchira, Venezuela. *Geoenseñanza*, 7(1-2), 88-108.
- Hauss, D. (1993). *Papel del ganado doméstico en el control de la desertificación*. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Holguín, V. e Ibrahim, M. (2005). *Bancos forrajeros de especies leñosas*. INPASA. Recuperado de http://repositorio.uca.edu.ni/2086/1/bancos_forrajeros_de_especies_le%C3%B1osas.pdf
- Holmann, F., Romero, F., Montenegro, J., Chana, C., Oviedo, E. y Bolaños, A. (1992). Rentabilidad de sistemas silvopastoriles con pequeños productores de leche en Costa Rica: primera aproximación. *Turrialba*, 42(1), 79-89.
- Ibrahim, M. y Mora, J. (2003). Criterios y herramientas para la promoción de una ganadería eco-amigable en el trópico americano. En Instituto de Investigaciones de pastos y forrajes (IIPF-MINAGRI), Instituto de Ciencia Animal (ICA-MES), Internacional Agricultural Centre (IAC), *Memorias: Taller Internacional Ganadería, Desarrollo Sostenible y Medio ambiente* (pp. 23-28). La Habana, Cuba: Ministerio de Agricultura.
- Instituto Geográfico Nacional. (2006). Modificado de la simbología de Carreteras afluentes. Base Cartográfica. Honduras.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA]. (2016). *Establecimiento y uso de sistemas silvopastoriles en República Dominicana* (Documento técnico). Santo Domingo, República Dominicana: Programa de Préstamos al Sector Agropecuario, Agroindustrial y Comercial (PRESA).
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal Área Protegidas y Vida Silvestre [ICF]. (2018). Geoportal del Sector Forestal de Honduras. *Mapa Forestal y Cobertura de la Tierra de Honduras 2018*.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre [ICF]. (2019). *Plan de manejo Zona de Reserva El Merendón: Período 2019-2031*. San Pedro Sula, Honduras: ICF.
- Ivory, D. (1990). Major characteristics, agronomic features and nutritional value of shrubs and tree fodders. En C. Devendra (Ed.), *Shrubs and Tree Fodders for Farm Animals, Proceedings of a Workshop held in Denpasar, Indonesia, July 24-29, 1989* (pp. 22-38). International Development Research Centre (IDRC). Recuperado de <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/18442/IDL-18442.pdf?sequence=1>
- Jiménez-Trujillo, J. y Sepúlveda, C. (2015). *Sistemas silvopastoriles y buenas prácticas para la ganadería sostenible en Oaxaca* (Documento técnico). Alianza México REDD+.

Recuperado de: <http://www.monitoreoforestal.gob.mx/repositorioidigital/files/original/15edadd78c52f266fd20e2234a10cba8.pdf>

- Kaimowitz, D. (1996). *Livestock and deforestation: Central América in the 80s and 90s, a police perspective* (Special Publication). Jakarta, Indonesia: Center for International Forestry Research (CIFOR).
- Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica de Zamorano [ZSIG]. (2020). Base de datos digital de Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica.
- Londoño, C. (2001). *Cuencas hidrográficas: bases conceptuales caracterización, planificación y administración* (Reporte de investigación). Ibagué: Universidad de Tolima.
- Mahecha L. (2002). El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15(2):226-231.
- Mahecha, L., Murgueitio, J., Angulo, M., Olivera, A., Zapata, C., Cuartas, J., Naranjo, C. y Murgueitio, E. (2011). Desempeño animal y características de la canal de dos grupos raciales de bovinos doble propósito pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24(3),470.
- Maidment, D. (1993). *Handbook of hydrology*. Nueva York, Estados Unidos: McGraw-Hill Education.
- Mejía, M., Morel, D., López, R. y Martínez, C. (2005). *Estrategia Nacional de bienes y servicios ambientales de Honduras*. Honduras: CONABISAH.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2000). *Plan Nacional de Desarrollo Forestal* (1ra ed.). Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
- Montoya, S., Villegas, G., Molina, I., Doneys, G., Chará, J. y Barahona, R. (2015). Comparación del consumo de forraje y agua y sus correlaciones en un sistema silvopastoril intensivo y uno convencional en tres regiones de Colombia. En P. Peri (Comp.), *3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles y VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales* (1ra ed., pp. 117-122). Santa Cruz: Ediciones INTA.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A. y Solorio, B. (2011). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, 261(10),1654-1663. doi: 10.1016/j.foreco.2010.09.027.
- Murgueitio, E., Uribe, F. y Tafur, O. (2013). Los Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) en el trópico húmedo: reconversión ambiental con producción ganadera rentable. *Memorias de Foros 50 Años de FEDEGAN*. Nutrición Animal. Florencia, Caquetá.
- Murgueitio, E., Chará, J., Solarte, A., Uribe, F., Zapata, C., y Rivera, J. (2013). Agroforestería Pecuaria y Sistemas Silvopastoriles Intensivos (SSPi) para la adaptación ganadera al cambio climático con sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 26, 313-316.
- Murgueitio, E., Barahona, R., Flores, M., Chará, J. y Rivera, J. (2016). Es Posible Enfrentar el Cambio Climático y Producir más Leche y Carne con Sistemas Silvopastoriles Intensivos. *Ceiba*, 54(1), 23-30. doi: 10.5377/ceiba.v54i1.2774

- Murgueitio, E., Ibrahim, M., Ramírez, E., Zapata, A., Mejía, C. y Casasola, F. (2003). *Usos de la Tierra en fincas Ganaderas: Guía para el Pago de Servicios Ambientales en el proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas*. Cali, Colombia: CIPAV.
- Ojeda, P., Restrepo, J., Villada, D., y Cesáreo, J. (2003). *Sistemas Silvopastoriles: Una opción para el manejo sustentable de la Ganadería. Manual de Capacitación* (1ra ed.). FIDAR. Recuperado de: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3911/2/2006102417332_Sistemas%20silvopastoriles%20sustentable%20ganaderia.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (1969). *Informe al gobierno de Honduras sobre los suelos de Honduras* (Informe No. 2630). Roma. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/ar884s/ar884s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2015). *Guía metodológica para la implementación de Escuelas de Campo para Agricultores (ECA) en sistemas silvopastoriles agroecológicos*. Bogotá. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i4950s.pdf>.
- Organización de los Estados Americanos [OEA]. (1994). *Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Loja*. Washington D.C. Recuperado de <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea02s/oea02s.pdf>
- Oyuela, D. (1996). *Principios básicos para la elaboración de planes de manejo para cuencas hidrográficas comunitarias* (Manual técnico). Tegucigalpa, Honduras: Escuela Nacional De Ciencias Forestales.
- Pagiola, S., Agostini, P., Gobbi, J., de Haan, C., Ibrahim, M., Murgueitio, E., Ramírez, E., Rosales, M., Ruíz J. (2005). Paying for Biodiversity Conservation Services: Experience in Colombia, Costa Rica, and Nicaragua. *Mountain Research and Development*, 25(3), 206-211. doi: 10.1659/0276-4741(2005)025[0206:PFBCS]2.0.CO;2.
- Peña, M. y Casanova, A. (2010). Aproximación al concepto de planificación estratégica agropecuaria. *Revista Venezolana de Gerencia*, 15(50), 273-293. doi: 10.31876/revista.v15i50.10569
- Petit, J. (2012). *Sistemas Silvopastoriles*. Universidad de los Andes Venezuela - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Inifap.
- Programa Bosques y Agua (2013). *Sistematización metodológica del modelo silvopastoril en la Región Trifinio*. Guatemala: Agencia Alemana para la Cooperación Internacional [GIZ].
- Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central [PASOLAC]. (2000). *Guía Técnica de Conservación de Suelos y Agua* (1ra ed.). San Salvador, El Salvador: New Graphic, S.A. de C.V.
- Ríos, E., Cotler, E., González-Mora, I., y Pineda, R. (2015). *Suelos, bases para su manejo y conservación* (1era ed.). México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Romero-Calcerrada, R. (2002). Metodología para la planificación y desarrollo sostenible en espacios naturales protegidos europeos: las zonas de especial protección para las aves. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, (2), 1-32.

- Rosales, J. (1988). *Sistema de clasificación de tierras por su capacidad de uso para la cuenca hidrográfica*, El cajón, Honduras.
- Sadeghian, S., Rivera, J. y Gómez, M. (2000). Impacto de la ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los andes de Colombia. En Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), *Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en América Latina"* (pp. 77-95). Roma: FAO.
- Singer, M. y Ewing, S. (2000). Soil quality. En M. Sumner (Ed.), *Handbook of Soil Science* (1ra ed., pp. 271-298). Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Sistema nacional de información territorial. (2002). Base de datos cartográfica.
- Solorio-Sánchez, F., Solorio-Sánchez, B., Casanova-Lugo, F., Ramírez-Avilés, L., Ayala-Burgos, A., Ku-Vera, J. y Aguilar-Pérez, C. (2012). Situación actual global de la investigación y desarrollo tecnológico en el establecimiento, manejo y aprovechamiento de los sistemas silvopastoriles intensivos. En F. Solorio-Sánchez, C. Sánchez-Brito y J. Ku-Vera (Eds.), *Memorias IV Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos*. Morelia, México: Fundación Produce Michoacán; Universidad Autónoma de Yucatán.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C. (2009). *La larga sombra del ganado: Problemas ambientales y opciones*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Steinfeld, H. (2000). Producción animal y el medio ambiente en Centroamérica. En C. Pomareda y H. Steinfeld (Eds.), *Intensificación de la ganadería en Centroamérica: beneficios económicos y ambientales* (1ra ed., pp. 17-32). San José, Costa Rica: Nuestra Tierra editorial.
- Villanueva, C., Ibrahim, M y Haensel G. (2010). *Producción y rentabilidad de sistemas silvopastoriles: Estudios de caso en américa central* (Serie técnica-Manual técnico No. 95). Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- World Wildlife Fund [WWF]. (2018). *Evaluación de altos valores de conservación en la subcuenca Manchaguala, San Pedro Sula, Cortés, Honduras* (Reporte técnico). San Pedro Sula, Honduras: WWF.
- Zuluaga, A., Zapata, A., Uribe, F., Murgueitio, E., Cuartas, C., Naranjo, J., Molina, C., Solarte, L. y Valencia, L. (2011). *Capacitación en establecimiento de sistemas silvopastoriles*. Bogotá: Fondo Nacional del Ganado - Servicio Nacional de Aprendizaje.

7. ANEXOS

Anexo 1. Instrumento para consulta a actores clave de la subcuenca Manchaguala.

I. Datos generales:

Nombre: _____

Localidad _____

Fecha de la entrevista _____

II. Preguntas complementarias para consulta de estado actual de la ganadería.

1. ¿A qué se dedica?

Cultivo de café _____

Cultivo de granos básicos _____

Comercio local _____

Ganadería _____

Cultivo de frutales _____

Otro _____

2. En caso de responder a ganadería, ¿Usted es el propietario de la finca? En caso de responder cualquier otra, saltarse a la pregunta #14

Sí

No

3. De haber respondido “Sí” en la pregunta anterior, ¿Cuánta área ocupa su finca?

4. ¿Cuál es su sistema de producción?

Carne

Leche

Doble propósito

5. ¿En que se basa la dieta de los animales?

6. ¿Cuáles especies de pastos hay presentes en la zona?

7. ¿Qué tipo de cerca utilizan para la división de potreros?

8. ¿Realizan alguna práctica de conservación en la finca?

Continuación del anexo 1.

9. ¿Dentro de su finca, se encuentran árboles? ¿Cómo están distribuidos?

10. ¿Cuál considera usted que es el principal problema que enfrentan sus fincas?

11. ¿Qué tipo de productos comercializa? ¿En qué cantidad?

12. ¿A dónde la comercializa?

13. ¿Utiliza algún tipo de fertilizante para los pastos?

14. ¿Conoce a otro ganadero? Y si puede brindar el contacto.