

eBook 

EVALUACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS para una gestión sostenible



EVALUACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

para una gestión sostenible

Cristóbal Gonzalo Cantos Cevallos

Christian Rogelio Cañarte Vélez

Gonzalo Alexander Cantos Victores

Ginger Araceli Pionce Andrade

Edgar Mauro Caicedo Álvarez

Jesús de los Santos Pinargote Choez

Darwin Marcos Salvatierra Pilozo

Autores Investigadores



EVALUACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

para una gestión sostenible

AUTORES

INVESTIGADORES

Cristóbal Gonzalo Cantos Cevallos

Doctor en Ciencias Forestales;
Ingeniero forestal;

Universidad Estatal del Sur de Manabí

✉ gonzalo.cantos@unesum.edu.ec

ID <https://orcid.org/0000-0002-5560-2637>

Christian Rogelio Cañarte Vélez

Doctor en Ciencias Forestales;
Ingeniero agrónomo;

Universidad Estatal del Sur de Manabí

✉ christian.canarte@unesum.edu.ec

ID <https://orcid.org/0000-0002-3621-6300>

Gonzalo Alexander Cantos Victores

Master en Gestión de recursos hídricos;
Universidad Estatal del Sur de Manabí

✉ alexander.cantos@unesum.edu.ec

ID <https://orcid.org/0000-0002-8648-6130>

Ginger Araceli Pionce Andrade

Magíster en manejo y aprovechamiento forestal;
Universidad Estatal del Sur de Manabí

✉ ginger.pionce@unesum.edu.ec

ID <https://orcid.org/0000-0003-1753-3500>

Edgar Mauro Caicedo Álvarez

Magíster en Industrias Pecuarias;
Universidad Estatal del Sur de Manabí

✉ mauro.caicedo@unesum.edu.ec

ID <https://orcid.org/0000-0002-6354-3307>

Jesús de los Santos Pinargote Choez

Magíster en Administración Ambiental
Universidad Estatal del Sur de Manabí

✉ jesus.pinargote@unesum.edu.ec

ID <https://orcid.org/0000-0003-1136-3125>

Darwin Marcos Salvatierra Pilozo

Magíster en Gestión y Conservación del Medio Natural
Universidad Estatal del Sur de Manabí

✉ darwin.salvatierra@unesum.edu.ec

ID <https://orcid.org/0000-0002-2659-4471>

EVALUACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

para una gestión sostenible

REVISORES

ACADÉMICOS

Gino Flor Chavez

Maestría en Ingeniería Vial;

Especialista en Obras Portuarias;

Ingeniero Civil;

Docente de la Universidad de Guayaquil;

 <https://orcid.org/0000-0002-7838-8450>

Carlos Fabian Izurieta Cabrera

Magíster en Docencia Universitaria en Ciencias de la Ingeniería;

Ingeniero Matemático;

Docente de la Universidad Central del Ecuador;

 <https://orcid.org/0000-0002-7835-7072>

CATALOGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

AUTORES: Cristóbal Gonzalo Cantos Cevallos
Christian Rogelio Cañarte Vélez
Gonzalo Alexander Cantos Victores
Ginger Araceli Pionce Andrade
Edgar Mauro Caicedo Álvarez
Jesús de los Santos Pinargote Choez
Darwin Marcos Salvatierra Piloza

Título: Evaluación de cuencas hidrográficas para una gestión sostenible

Descriptores: Ciencias de la tierra; Hidrología; Investigación hidrológica; Ingeniería hidráulica.

Código UNESCO: 2508 Hidrología

Clasificación Decimal Dewey/Cutter: 551.46/ C168

Área: Ciencias de la Tierra y del Espacio

Edición: 1^{era}

ISBN: 978-9942-654-45-8

Editorial: Mawil Publicaciones de Ecuador, 2025

Ciudad, País: Quito, Ecuador

Formato: 148 x 210 mm.

Páginas: 234

DOI: <https://doi.org/10.26820/978-9942-654-45-8>

URL: <https://mawil.us/repositorio/index.php/academico/catalog/book/190>

Texto para docentes y estudiantes universitarios

El proyecto didáctico **Evaluación de Cuencas Hidrográfica para una gestión Sostenible**, es una obra colectiva escrita por varios autores y publicada por MAWIL; publicación revisada por el equipo profesional y editorial siguiendo los lineamientos y estructuras establecidos por el departamento de publicaciones de MAWIL de New Jersey.

© Reservados todos los derechos. La reproducción parcial o total queda estrictamente prohibida, sin la autorización expresa de los autores, bajo sanciones establecidas en las leyes, por cualquier medio o procedimiento.



Usted es libre de:
Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato.
Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

Director Académico: Ph.D. Lenin Suasnabas Pacheco

Dirección Central MAWIL: Office 18 Center Avenue Caldwell; New Jersey # 07006

Gerencia Editorial MAWIL-Ecuador: Mg. Vanessa Pamela Quishpe Morocho

Dirección de corrección: Mg. Ayamara Galanton.

Editor de Arte y Diseño: Leslie Letizia Plua Proaño

Corrector de estilo: Lic. Marcelo Acuña Cifuentes

EVALUACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

para una gestión sostenible

Índices

Contenidos



Prólogo	08
Agradecimiento y Dedicatoria	11
Introducción.....	13

Capítulo I.

Marco Referencial	17
<i>Cristóbal Gonzalo Cantos Cevallos</i>	

Capítulo II.

“Propuesta metodológica de gestión de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa con fines de protección y conservación”	31
<i>Gonzalo Cantos Cevallos</i>	

Capítulo III.

Zonificación forestal de la cuenca alta del río Jipijapa	52
<i>Cristóbal Gonzalo Cantos Cevallos; Josshelyne Paola Cantos Víctores; Ginger Aracely Pionce Andrade</i>	

Capítulo IV.

Evaluación espacio temporal de la cobertura vegetal en la cuenca alta del río Jipijapa	78
<i>Gonzalo Cantos Cevallos, Robert González Paredes, Mauro Caicedo Álvarez</i>	

Capítulo V.

Evaluación del balance hídrico superficial de la cuenca del río Jipijapa.....	120
<i>Gonzalo Alexander Cantos Victores, Juan Leonardo Wajarai Chuim</i>	

Capítulo VI.

Acciones para el manejo integral de la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa con vistas a su conservación y usos sostenible	148
<i>Jesús Pinargote Choez, Roger Javier Figueroa Parrales, Anthony Adrián Tubay Chávez</i>	

Capítulo VII.

Inventario forestal en la cuenca alta del río Jipijapa de la provincia de Manabí.....	189
<i>Darwin Marcos Salvatierra Piloza, Jessenia Lissette Tóala Menéndez Dr. Gonzalo Cantos Cevallos, Dr. Christian Cañarte Velez</i>	

EVALUACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

para una gestión sostenible

Prólogo



Desde los albores de la civilización, las cuencas hidrográficas han sido las arterias que sustentan la vida misma. Los ríos y arroyos que fluyen a través de estas tierras no solo han proporcionado el vital líquido que necesitamos para nuestra supervivencia, sino que también han forjado culturas, moldeado civilizaciones y marcado la pauta para el desarrollo humano. Sin embargo, a medida que avanzamos en esta era de desarrollos tecnológicos y crecimiento acelerado, nuestra relación con estas cuencas ha llegado a un punto crítico. El desafío actual no es solo cómo seguir beneficiándonos de estas fuentes hídricas, sino cómo hacerlo de manera sostenible, responsable y armoniosa.

“El Manejo Sostenible de Cuencas Hidrográficas” se erige como un faro de conocimientos a lo largo de estas páginas, nos sumergiremos en los cimientos de la gestión de cuencas hasta reconocer la importancia de la interconexión entre las aguas y la vida que prospera a su alrededor. Exploraremos cómo las comunidades han comprendido la necesidad de equilibrar la utilización de los recursos hídricos con la preservación de los ecosistemas que los alimentan. En estas páginas, también nos inmiscuiremos en el presente y el futuro, donde la tecnología desempeña un papel decisivo en nuestra capacidad para abordar los desafíos contemporáneos del manejo de cuencas. Exploraremos cómo la aplicación de tecnologías actuales, como la teledetección, los sistemas de información geográfica y la modelización hidrológica avanzada, no solo nos brindan una comprensión más profunda de los procesos que ocurren en estas cuencas, sino que también nos equipan con las herramientas necesarias para tomar decisiones informadas y proactivas.

La urgencia de comprender los conceptos técnicos que presenta este libro radica en nuestra responsabilidad compartida de proteger y preservar estos valiosos recursos para las generaciones venideras. El conocimiento contenido en estas páginas no es solo para ingenieros o científicos; es para cada individuo que camina sobre esta Tierra y se beneficia de sus recursos a través de un enfoque claro en la sostenibilidad, la gestión inteligente de los recursos hídricos y la coexistencia armoniosa con los ecosistemas circundantes, se abordan los desafíos del cambio climático, la degradación ambiental y la competencia por recursos.

Sin embargo, nuestra odisea no es analizar el manejo de las cuencas. A medida que avanzamos en las páginas de este libro, descubriremos un viaje que se extiende hacia adelante en el tiempo, donde la tecnología moderna se convierte en un aliado poderoso en la búsqueda de soluciones. Desde el “Manejo Ambiental de una Cuenca Hidrográfica” hasta la “Zonificación

Forestal de la Cuenca Hidrográfica para la Ordenación del Territorio”, examinamos cómo la aplicación de tecnologías de vanguardia como los Sistemas de Información Geográfica y las técnicas de evaluación espaciotemporal están permitiendo un análisis más profundo y una toma de decisiones informada en la gestión de cuencas. Luego los análisis detallados de “Evaluación del Balance Hídrico Superficial” o la “Caracterización de las Especies Arbóreas en la Cuenca Hidrográfica no solo iluminan la complejidad de estos ecosistemas interconectados, sino que también nos recuerdan la responsabilidad compartida de preservarlos. El saber cómo “Evaluar el Uso del Suelo” y proponer “Acciones para el Manejo Integral” nos brinda las herramientas para actuar como guardianes responsables de estos tesoros naturales.

Así que, juntos, emprendamos este viaje. Una travesía que nos llevará a través del tiempo que nos equipará con el conocimiento necesario para moldear un futuro donde las cuencas hidrográficas sean fuentes de vida inagotables. A medida que nos sumerjamos en estas páginas, recuerda que la sostenibilidad no es un destino, sino un viaje constante. Un viaje en el que todos estamos llamados a participar.

Cristóbal Gonzalo Cantos Cevallos

Hacia la Sostenibilidad de las Cuencas Hidrográficas

EVALUACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

para una gestión sostenible

*Agradecimiento y
Dedicatoria*



Este trabajo responde al proyecto de investigación “Propuesta metodológica de gestión de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa con fines de protección y conservación”, financiado por la Universidad Estatal del Sur de Manabí, por lo que es perentorio agradecer a esta Institución de educación superior dos hechos; el financiamiento del proyecto y la publicación de este libro en cuyo contenido se encuentra principalmente información técnica sobre la ejecución de la investigación y resultados de los trabajo de investigación como modalidad de titulación de nuestros estudiantes que nos acompañaron en las tarea de territorio y de laboratorio al equipo de docente autores del presente libro.

Dedicatoria especial de esta obra a mi esposa Mariana e hijos, Gonzalo, Arianna y Josshelyne, profesionales en las áreas de ingeniería en medio ambiente e ingeniería forestal, formados en las aulas de la gloriosa Universidad Estatal del Sur de Manabí, en la cual confié para su formación profesional.

EVALUACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

para una gestión sostenible

Introducción



Evaluación de Cuencas Hidrográfica para una gestión Sostenible

I. Introducción

“Al confrontar el predicamento actual de nuestra especie y nuestro mundo no debemos olvidar que lo que necesitamos aprender a manejar no son, en realidad, los recursos naturales o el planeta, sino a nosotros mismos”. Antony Challenger, 1998.

1.1 Introducción

En el contexto actual de **deterioro ambiental global y los apremiantes efectos del cambio climático**, la gestión y conservación de las cuencas hidrográficas han adquirido una relevancia crítica a nivel mundial. Estos ecosistemas son reconocidos por su papel fundamental en el **ciclo del agua, la conservación del suelo, la fijación de carbono y la protección de la biodiversidad**.

Sin embargo, la intervención humana indiscriminada, la expansión agrícola, la deforestación y la industrialización han provocado una **severa degradación de estos recursos naturales**, amenazando la disponibilidad hídrica y la estabilidad ecológica.

En Ecuador, a pesar de su vasta diversidad florística y la existencia de normativas orientadas a la conservación, los bosques secos tropicales costeros, como los de la región Tumbesina, se encuentran gravemente amenazados debido a su idoneidad para la agricultura y los asentamientos humanos, lo que los convierte en áreas altamente explotadas. La provincia de Manabí, con sus 22 cuencas hidrográficas, destaca por la preocupante situación de sistemas como la cuenca del río Jipijapa, que presenta un **marcado déficit hídrico y una profunda degradación ambiental**.

Este libro surge de la imperiosa necesidad de abordar la compleja problemática de la cuenca alta del río Jipijapa, un sistema ecológico de alta fragilidad que sufre perturbaciones significativas debido a actividades agropecuarias irracionales, procesos de deforestación y degradación geológica natural. La investigación se sustenta en un enfoque integral, buscando determinar el estado actual de la cuenca con miras a generar una gestión de manejo para su **protección y conservación**, contribuyendo a la sostenibilidad de los recursos naturales y al bienestar de sus habitantes frente a los desafíos del cambio climático.

La obra se construye sobre la base de investigaciones exhaustivas que abordan diversas dimensiones de la problemática, empleando una **metodología cualitativa y descriptiva, con un enfoque transeccional**. Los pilares fundamentales de esta investigación incluyen:

- **Caracterización de las especies arbóreas:** Un estudio detallado en la subcuenca Caña Brava, parte del río Jipijapa, identificó una población arbórea de **171 individuos, 31 especies vegetales y 16 familias botánicas**, destacando especies como *Citrus sinensis*

Osbeck, *Mangifera indica* L. y *Cordia eriostigma* L. por su abundancia, frecuencia y dominancia ecológica. Se reveló el uso predominante de la madera para construcción, leña y venta, y se estableció una correlación entre el uso descontrolado de especies maderables y la **disminución del caudal del río y de las lluvias**. Esta caracterización es crucial para entender la biodiversidad local y la presión antrópica sobre ella.

- **Balance hídrico superficial:** La evaluación del balance hídrico superficial de la cuenca del río Jipijapa durante 2008-2018 reveló un **marcado déficit hídrico en casi todos los meses del año**, con la única excepción de febrero, donde se registraron excedentes.

Esta situación se atribuye a la degradación de los recursos naturales, la deforestación y la elevada evapotranspiración. Los hallazgos de este balance son fundamentales para comprender la disponibilidad de agua y planificar su gestión eficiente.

- **Evaluación espacio-temporal de la cobertura vegetal:** Mediante el uso de teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG), se analizó la evolución de la cobertura vegetal en la cuenca alta del río Jipijapa en un periodo de 22 años (2000-2022). Los resultados mostraron una **reducción significativa de 19.962 hectáreas de cobertura densa (bosque primario)**, impulsada principalmente por factores antrópicos como la expansión de cultivos y la tala indiscriminada, así como eventos climáticos como el fenómeno de El Niño. El cálculo del Índice Normalizado de Diferencias de Vegetación (NDVI) fue clave para cuantificar esta degradación. Esta evaluación subraya la urgencia de acciones de reforestación y restauración.
- **Propuesta de manejo integral y zonificación forestal:** A partir del diagnóstico de degradación y los factores que la propician, se desarrollaron propuestas de manejo integral y zonificación forestal. Una de estas propuestas plantea acciones para el **manejo integral de la parte**

alta de la cuenca con vistas a su conservación y uso sostenible, identificando unidades de suelo como bosque natural, bosque intervenido, zonas cafetaleras, agrícolas y de pastos.

- Complementariamente, se elaboró una propuesta de manejo ambiental estructurada en **cuatro programas estratégicos** (fortalecimiento de capacidades locales, desarrollo agropecuario, protección y conservación del bosque, y manejo eficiente de recursos hídricos) y siete proyectos específicos para restaurar áreas degradadas y garantizar la provisión de bienes y servicios ambientales. Finalmente, la **zonificación forestal** se presenta como una herramienta técnica esencial que identifica y ordena los terrenos forestales en categorías como: **zonas de protección y conservación, producción** permanente, recuperación y restauración, asentamientos humanos y cultivos de ciclo **corto**, integrando el conocimiento ancestral de los campesinos para una planificación territorial efectiva y priorizando la atención a áreas críticas.

Este libro, al integrar los resultados de estas investigaciones, no solo profundiza en el entendimiento de la dinámica ecológica y socioeconómica de la cuenca del río Jipijapa, sino que también ofrece un **marco metodológico y un conjunto de acciones estratégicas** para su gestión sostenible. Se busca proporcionar una base científica sólida para la toma de decisiones, fomentar la participación comunitaria y asegurar la protección de los recursos naturales para las generaciones presentes y futuras, en línea con los objetivos nacionales e internacionales de desarrollo sostenible.

EVALUACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

para una gestión sostenible

Capítulo 1

MARCO REFERENCIAL

AUTOR: Cristóbal Gonzalo Cantos Cevallos



“Al confrontar el predicamento actual de nuestra especie y nuestro mundo no debemos olvidar que lo que necesitamos aprender a manejar no son, en realidad, los recursos naturales o el planeta, sino a nosotros mismos”. Antony Challenger, 1998.

2.1 Cuencas Hidrográficas.

El manejo sostenible de cuencas hidrográficas constituye una prioridad creciente en las agendas nacionales e internacionales. Las cuencas hidrográficas son unidades naturales de planificación del recurso hídrico, que integran componentes fisiográficos, biológicos, climáticos, sociales y económicos. Su evaluación permite identificar cambios en la disponibilidad de agua, en los servicios ecosistémicos asociados, en la calidad del agua y en los riesgos ambientales y sociales derivados de actividades humanas y de fenómenos naturales.

La Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) se define como “un proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante, pero de manera equitativa, y sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas” (Global Water Partnership, citada en “Gestión integrada de recursos hídricos,” 2025). Este enfoque exige que toda evaluación de cuencas considere no solo los componentes físicos del sistema hídrico, sino también las dimensiones sociales, institucionales y ambientales.

Este libro, titulado *Evaluación de Cuencas Hidrográficas para una Gestión sostenible*, tiene como propósito central **visibilizar y sistematizar resultados de investigaciones de estudiantes de pregrado** que, empleando metodologías variadas —cuantitativas, cualitativas y mixtas—, han explorado diferentes cuencas en Latinoamérica. Los estudios incluidos analizan, entre otros, los impactos del uso del suelo en la dinámica de escorrentía, la calidad del agua, la

participación comunitaria en la gobernanza, la percepción social de los servicios ecosistémicos, y la aplicación de herramientas tecnológicas como SIG, teledetección e inteligencia artificial asegurar calidad de vida y equidad, tanto para las generaciones presentes como para las venideras (Lapuerta 2022)

2.2 Fundamentos Conceptuales

2.2.1. Cuencas hidrográficas como sistemas socio-ecológicos

Las cuencas hidrográficas, entendidas como sistemas socio-ecológicos, son territorios definidos naturalmente donde todos los procesos socioecológicos están íntimamente ligados entre sí.

Estos sistemas complejos surgen del acoplamiento entre los procesos fisicoquímicos/biológicos propios de los ecosistemas y los procesos económicos, sociales y culturales de las poblaciones que interactúan en ellos (Gaspari, F. 2019). Además indica que desde esta perspectiva, una cuenca hidrográfica se concibe como una unidad de gestión del territorio, funcionando como un sistema que integra diversas funciones y componentes interactivos. Dentro de esta interacción dinámica, se desarrollan procesos económicos, sociales, culturales, políticos, administrativos y ecológicos, que operan en distintas escalas temporales y espaciales, y que, en conjunto, determinan cómo se aprovechan y conservan los recursos naturales. La relación en una cuenca es inherentemente compleja y multidimensional, entrelazando la actividad humana con el ambiente biofísico, que abarca el suelo, los ecosistemas acuáticos y terrestres, los cultivos, el agua, la biodiversidad, y la estructura geomorfológica y geológica. Adicionalmente, se incluyen los modos de apropiación de los recursos, mediados por la tecnología y los mercados, así como las instituciones sociales y administrativas, la cultura, y el marco legal que rigen el territorio.

El agua es el elemento central en estos sistemas, actuando como el principal factor integrador e indicador de las actividades humanas. Las decisiones de manejo que se toman en las cuencas vinculan a los usuarios de los recursos naturales y los hacen corresponsables de mantener la funcionalidad de la cuenca y de asegurar su desarrollo sostenible. Para lograr esto, es fundamental analizar los costos y beneficios de las decisiones de manejo. (Sanjurjo, E. 2017).

La funcionalidad de la cuenca se refiere al funcionamiento específico definido por los flujos de agua, nutrientes y energía, los cuales se basan en una estructura particular de los ecosistemas y los paisajes, compuesta por el tipo de rocas, suelos, vegetación, clima, orografía y el manejo del territorio. Esta funcionalidad es clave, ya que determina la calidad y cantidad de los servicios ecosistémicos que la cuenca provee a la sociedad, tales como la captación de agua, el aire limpio, la biodiversidad, los espacios naturales y la diversidad genética. (SEMARNAT 2018).

El objetivo último al entender las cuencas como sistemas socio-ecológicos es compatibilizar las necesidades humanas con las capacidades y limitaciones naturales del entorno, con el fin de garantizar la sostenibilidad de los recursos naturales a presente y futuro. Es importante considerar que las externalidades, tanto positivas como negativas, generadas por las actividades humanas dentro de las cuencas, demuestran los impactos acumulados en el manejo del territorio, desde las cabeceras hasta su desembocadura en lagos o mares.

2.2.2. Evaluación de Cuencas Hidrográficas y sus Principales Enfoques

La evaluación de cuencas hidrográficas es un proceso fundamental para comprender su funcionamiento, identificar los impactos de las actividades humanas y proponer soluciones para su manejo sostenible. Este proceso implica analizar los costos y beneficios de las decisiones de manejo para implementar políticas públicas que fomenten el buen manejo y desalienten los efectos negativos en los ecosistemas y sus servicios. Históricamente, las sociedades han tenido que decidir cómo satisfacer sus necesidades crecientes con recursos limitados, y la evaluación permite entender el impacto directo e indirecto de estas decisiones en la calidad y cantidad de recursos naturales y servicios ecosistémicos a corto y largo plazo.

Evaluar una cuenca también significa un paso importante para las políticas de administración sustentable. Esto se logra mediante el análisis del territorio, integrando todos sus componentes (no solo el agua), y conociendo y valorando los costos y efectos negativos, así como los beneficios de las elecciones sociales en cuanto a sus actividades económicas y el uso de los recursos naturales. La evaluación puede ayudar a diagnosticar la producción de bienes y servicios de un ecosistema y a priorizar acciones de conservación que generen mayores beneficios sociales, justificando el uso de recursos públicos y filantrópicos.

Los principales enfoques de evaluación de cuencas hidrográficas incluyen metodologías morfométricas, económicas e hidrológicas, apoyadas de manera crucial por los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

1. Enfoque Morfométrico

El análisis morfométrico se centra en el estudio de las propiedades físicas espaciales de una cuenca hidrográfica, permitiendo establecer comparaciones entre diferentes unidades territoriales. Su objetivo general es analizar la disposición y distribución de ciertos elementos en el paisaje mediante índices

que relacionan estos elementos con sus atributos. Este estudio es relevante porque considera variables de forma, relieve y red de drenaje que revelan el comportamiento morfodinámico e hidrológico de las cuencas, ayudando a prevenir percances por excesos de precipitación y apoyando la planificación del uso sostenible. (Sanjurjo, González Mora, Ortiz y Ríos 2017).

2. Enfoque Económico o de Valoración Económica

La valoración económica es una herramienta crucial para integrar los costos y beneficios en la formulación de políticas públicas, reconociendo el valor de bienes y servicios, tanto aquellos que tienen un mercado (como la madera o el agua) como los que no (como un paisaje o un proceso ecológico). Este enfoque es particularmente útil para comprender los efectos acumulados de las decisiones individuales y colectivas sobre el agua y el territorio.

3. Enfoque Hidrológico / Cuantificación de Escurrimiento Superficial y Erosión

Este enfoque se centra en la cuantificación del escurrimiento superficial y la pérdida de suelo por erosión hídrica, procesos cruciales para entender la fragilidad de los sistemas ambientales en las cuencas apoyado por las herramientas SIG. (Gaspari, Rodríguez y Montealegre 2019).

Los métodos principales incluyen:

- **Manejo de Datos:** Permiten almacenar y analizar grandes volúmenes de datos georreferenciados de forma coherente y sistemática, incluyendo datos de campo (estaciones hidrometeorológicas) y datos de percepción remota (cobertura del terreno, relieve, suelos).
- **Análisis Espacial:** Facilitan la elaboración y manipulación de mapas, ofreciendo una visión integral y territorial que mejora las técnicas analíticas, incluyendo las estadísticas y geoestadísticas.
- **Modelización:** Habilitan la automatización en la obtención de parámetros morfométricos, el análisis de superficies a través de Modelos Digitales de Elevación (MDE) para estudios morfométricos, y la evaluación del funcionamiento del sistema hidrológico.
- **Toma de Decisiones:** La información geográfica obtenida a través de SIG es apta para la toma de decisiones en el manejo de cuencas, facilitando la gestión y planeación de recursos naturales a bajo costo y en menor tiempo.

- **Aplicaciones Específicas:** Son cruciales para la delimitación de cuencas hidrográficas (a partir de un DEM o un punto de cierre), la zonificación del escurrimiento superficial mediante el método del número de curva, y la cuantificación de la pérdida de suelo por erosión hídrica superficial (USLE).

2.2.3. Manejo Sostenible de Cuencas Hidrográficas

El manejo sostenible de cuencas hidrográficas es un proceso integral que busca resolver un conjunto complejo de problemas interrelacionados, aspirando a un desarrollo sostenible en sus dimensiones ambiental, social, cultural y económica. Implica una visión que concibe a las cuencas como territorios naturalmente definidos donde todos los procesos socioecológicos están íntimamente ligados (Gardon 2021). El objetivo primordial es compatibilizar las necesidades humanas con las capacidades y limitaciones naturales del entorno, garantizando la sostenibilidad de los recursos a presente y futuro. Para ello, es crucial analizar los costos y beneficios de las decisiones de manejo, lo que conecta a los usuarios de los recursos naturales y los hace corresponsables de mantener la funcionalidad de la cuenca y asegurar su desarrollo sostenible. Este enfoque permite entender el ciclo hidrológico espacialmente y cuantificar los impactos acumulados de las actividades humanas, conocidas como externalidades.

La integración del manejo de cuencas con la economía y una amplia participación de los actores locales es fundamental para superar la dicotomía entre crecimiento económico y medio ambiente, y avanzar hacia el desarrollo sustentable. Las deliberaciones internacionales y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) respaldan este enfoque, buscando promover la prosperidad y el bienestar mientras se protege el medio ambiente para el año 2030. El análisis económico, al hacer explícitos los supuestos y cálculos, es un pilar básico para orientar los incentivos individuales y colectivos hacia este desarrollo anhelado.

Principios del Manejo Sostenible: Conservación del Suelo, Manejo de Agua, Restauración

Ecológica

El manejo sostenible de cuencas se fundamenta en varios principios interconectados que buscan preservar la salud del ecosistema y sus funciones:

- **Conservación del Suelo:** Este principio se enfoca en la protección de los suelos para evitar su degradación por erosión, un proceso induci-

do por el hombre que disminuye su capacidad para sostener la vida humana. El estudio de la potencialidad erosiva es de gran importancia en el diagnóstico de cuencas, debido a las significativas pérdidas de suelo generadas por prácticas agrícolas y ganaderas. La conservación implica la implementación de buenas prácticas agroecológicas y orgánicas, así como la valoración de los servicios ambientales asociados al ordenamiento agrohídrológico para reducir la erosión y determinar la tolerancia de pérdidas de suelo. La funcionalidad de una cuenca, definida por los flujos de agua, nutrientes y energía, se basa en la estructura de sus ecosistemas y paisajes, donde el tipo de rocas, suelos, vegetación, clima, orografía y el manejo del territorio juegan un papel fundamental. La protección de suelos es un servicio ecosistémico clave que los ecosistemas brindan a la sociedad.

- **Manejo de Agua:** El agua es el elemento central e integrador en las cuencas, actuando como el principal indicador de las actividades humanas. Un adecuado suministro y aprovechamiento del agua es indispensable para sostener la vida y el bienestar social, siendo una preocupación clave ante la potencial crisis hídrica intensificada por el cambio climático y el manejo desordenado del territorio. El manejo de los recursos hídricos está intrínsecamente ligado a la gestión del territorio, lo que implica un análisis integral de todos sus componentes y no solo del agua. Las decisiones sobre el manejo del agua y del territorio, ya sean de protección, conservación, restauración o aprovechamiento, tendrán efectos en diversas escalas temporales y espaciales en la calidad de vida de los habitantes. Los servicios ecosistémicos como la captación de agua, la infiltración, la recarga de manantiales y el mantenimiento de la dinámica hidrológica de arroyos y ríos son cruciales para el suministro de agua. En el ámbito de la gestión del agua, el principio de control y límites se apoya en el concepto de los caudales ecológicos y en buenas prácticas para su implementación, buscando la sostenibilidad, equidad y eficiencia.
- **Restauración Ecológica:** La restauración ecológica se refiere a las actuaciones técnicas en el territorio que buscan recuperar la salud y funcionalidad de los ecosistemas degradados, como parte de la ordenación agrohídrológica y la restauración hidrológico-forestal. Es una estrategia esencial en el manejo de cuencas para revertir los impactos negativos de las actividades humanas. La valoración económica es una herramienta útil para evaluar la viabilidad de proyectos de

restauración y conservación de ecosistemas, e incluso para determinar compensaciones por daños ambientales, sugiriendo que se ordene la reparación del daño y se cuantifique su valor para justificar acciones. El objetivo es mejorar la calidad de vida de las poblaciones locales mediante la protección de los suelos, la regulación hídrica y la conservación de la biodiversidad.

2.2.4. Rol de las Fincas Agroforestales como Estrategia de Sostenibilidad y Adaptación al Cambio Climático

Las fincas agroforestales desempeñan un rol significativo como estrategia de sostenibilidad y adaptación al cambio climático dentro del manejo de cuencas hidrográficas. Estas fincas integran prácticas agroecológicas, orgánicas y amigables con el ambiente, bajo un modelo de manejo integrado del agua, el suelo y el bosque. Al aplicar estrategias como los sistemas silvopastoriles, que combinan árboles, pastos y ganado, se promueve una producción que no solo es económicamente viable, sino que también contribuye a la conservación de los recursos naturales.

Estas prácticas permiten un aprovechamiento ordenado de los recursos naturales propios de la cuenca, impulsando sectores económicos como el forestal, el turismo rural y la producción agroganadera de bajo impacto. Al diversificar la producción y aplicar métodos sostenibles, las fincas agroforestales contribuyen a la regulación hídrica, la protección del suelo y el mantenimiento de la biodiversidad, lo que a su vez se traduce en una mayor resiliencia de la cuenca frente a los efectos del cambio climático, como las sequías o las inundaciones. La integración de estos sistemas en las cuencas puede generar beneficios económicos y fomentar la preservación de las áreas proveedoras de servicios ecosistémicos, contribuyendo directamente al desarrollo sostenible de las comunidades y al bienestar social.

2.3 Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas: Compromisos Internacionales de la Water

Action Agenda, Estudios de Caso Globales y Lecciones Aplicables a Contextos Latinoamericanos y Ecuatorianos”

En las dos últimas décadas, el agua ha pasado de ser considerada un recurso exclusivamente natural a reconocerse como un eje transversal del desarrollo sostenible, la seguridad alimentaria, la adaptación climática y la gobernanza territorial (Granda, Benavides, Arteaga, Massa y Ochoa 2024).. En este contexto, la Agenda Internacional «Water Action Agenda» (WAA), emanada de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua 2023, constituye un hito

que orienta los compromisos mundiales hacia el manejo integral de cuencas hidrográficas entre 2020 y 2025, articulando prioridades en torno a la cooperación internacional, la sostenibilidad económica y la resiliencia ecosistémica (ONU-Agua, 2023).

En primer lugar, resulta necesario examinar los compromisos multilaterales que la WAA promueve en materia de gobernanza del agua, así como su incidencia directa en la gestión de cuencas. A través de esta agenda se definen acciones que trascienden la escala nacional y se proyectan en el ámbito regional y local, constituyendo un marco de referencia para los países latinoamericanos, entre ellos Ecuador.

En segundo lugar, incorpora estudios de caso internacionales que permiten ilustrar cómo se materializan los compromisos de la WAA en diferentes territorios. Se destacan lo manifestado por (Gorayeb 2021) el Pacto por las Cuencas PCJ en Brasil, que constituye una referencia sobre acuerdos interinstitucionales en materia de gobernanza hídrica, y el sistema de pronóstico de inundaciones y sequías en la Cuenca del Río Sava, ejemplo europeo de integración tecnológica y cooperación multinacional en contextos transfronterizos. Ambos casos demuestran la importancia de combinar enfoques de planificación participativa con herramientas científico- técnicas de monitoreo y prevención.

En tercer lugar, se adentra en experiencias latinoamericanas comparables, relevantes para comprender realidades cercanas a Ecuador. Se abordan, entre otros, el Proyecto Cuenca Amazónica de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA), que representa un esfuerzo regional para la protección y uso sostenible del agua en el mayor sistema hidrográfico del planeta, y el programa “A Watershed Approach in Ecosystem-based.

Adaptation”, implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Global Environment Facility (GEF) en varias ciudades de América Latina y el Caribe, que introduce la adaptación basada en ecosistemas como enfoque para la seguridad hídrica urbana.

Finalmente, con el fin de ofrecer un marco de referencia directo para la realidad ecuatoriana, se presentan casos de gestión de cuencas fronterizas y regionales que reflejan las interdependencias hídricas compartidas. Destacan que el Proyecto Cuenca Amazónica como ejemplo regional fronterizo involucra directamente al Ecuador en los compromisos de la OTCA.

(CELEC EP 2017). así como el Programa Agua-Andes en Perú, el cual aporta valiosas lecciones para la gestión hídrica en ecosistemas altoandinos

vulnerables al cambio climático. Ambos constituyen experiencias de gran relevancia para el análisis de cuencas locales, como la del río Jipijapa, que se proponen como espacio piloto de integración de aprendizajes.

2.3.1. La Agenda Internacional «Water Action Agenda» y los compromisos sobre manejo de cuencas (2020–2025)

Durante el quinquenio 2020–2025 la agenda internacional del agua experimentó una convergencia política y técnica que culminó con la UN 2023 Water Conference y la formalización de la Water Action Agenda (WAA) como repositorio global de compromisos voluntarios para acelerar el logro del ODS 6 (agua limpia y saneamiento) y metas asociadas. Es decir, la WAA actúa como “un mecanismo de registro y seguimiento de compromisos voluntarios” que agrupa iniciativas gubernamentales, intergubernamentales, académicas, del sector privado y de la sociedad civil (United Nations, s. f.; Mapping & Progress Report, 2024).

El objetivo fue extraer, organizar y analizar los compromisos de la Water Action Agenda (periodo 2023–2024) que se refieren explícitamente al manejo de cuencas hidrográficas, restauración fluvial, gobernanza de cuencas transfronterizas, monitoreo comunitario en cuencas y herramientas digitales aplicadas a la escala de cuenca. Los criterios de selección aplicados fueron los siguientes:

1. Presencia en la ficha WAA (registro oficial) de términos clave en inglés o español: *“river basin”, “watershed”, “cuenca”, “river”, “restoration”, “trans-boundary”*.
2. Compromisos registrados entre marzo de 2023 (UN Water Conference) y mayo de 2024 (progress report) incluyendo actualizaciones públicas de la WAA.
3. Preferencia por compromisos con metas, entregables o indicadores declarados en la ficha WAA o en informes de seguimiento (criterio para evaluar evidencia de implementación).

De acuerdo con la metodología aplicada, se extrajeron las fichas oficiales en la plataforma WAA (sdgs.un.org) y se contrastaron con el informe de avance *Mapping and Progress of the UN 2023..*

Water Conference—Water Action Agenda (May 2024) para determinar estado y grado de reporte. (Objetivos de Desarrollo Sostenible)

Tabla 1.

Articulación entre compromisos globales de la WAA y experiencias locales en Ecuador.

Eje estratégico WAA	Compromisos globales identificados (2023)	Casos locales en Ecuador (2020-2025)	Correspondencias / aprendizajes	
1. Gobernanza y participación	Impulsar marcos institucionales inclusivos para la gestión del agua y fortalecer la cooperación multinivel.	- Consejos de Cuenca (SENAGUA, 2022). - Cuencas binacionales Mira, Mataje y Carchi-Guátara (PNUD, 2025).	La experiencia binacional refuerza el compromiso de cooperación transfronteriza de la WAA; los Consejos de Cuenca reflejan la apuesta por participación local, aunque con retos en sostenibilidad institucional.	
2. Financiamiento y sostenibilidad económica	Promover mecanismos tarifarios y modelos financieros sostenibles.		- Modelo tarifario sostenible en Andes ecuatorianos (Granda-Aguilar et al., 2024).	Alineación directa con la WAA: los estudios ecuatorianos muestran que la brecha económica es crítica y que la gestión hídrica requiere esquemas de sostenibilidad financiera ajustados a contextos locales.
3. Monitoreo y conocimiento científico	Establecer sistemas de datos abiertos, indicadores de calidad de agua y monitoreo multiescalar.	- Estudio biótico Guayllabamba-Esmeraldas (CELEC EP, 2024).	Los sistemas de monitoreo de biodiversidad aportan información técnica útil, pero aún no existe un sistema nacional articulado de datos hídricos comparable al estándar global propuesto por la WAA.	

Eje estratégico WAA	Compromisos globales identificados (2023)	Casos locales en Ecuador (2020-2025)	Correspondencias / aprendizajes
4. Infraestructura y adaptación	Impulsar proyectos resilientes al cambio climático y adaptados a necesidades ecosistémicas.	- Impacto hidroeléctrico Manduriacu (CELEC EP, 2024).	El estudio de caso revela tensiones entre infraestructura energética y sostenibilidad ambiental; evidencia que la adaptación debe integrar criterios ecológicos y sociales.
5. Cooperación internacional	Fomentar la acción conjunta para cuencas compartidas y alianzas estratégicas en torno al agua.	- Proyecto transfronterizo Mira-Mataje-Carchi-Guáitara (PNUD, 2025).	Ejemplo claro de cómo Ecuador ya avanza en compromisos de cooperación internacional, aunque enfrenta desafíos de continuidad política y financiamiento sostenido.

Referencias Bibliográfica

Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC EP). (2024, 27 de marzo). Estudio biótico de las cuencas de los ríos Guayllabamba y Esmeraldas. CELEC EP.<https://www.celec.gob.ec/hidroagoyan/noticias-noticias/celec-ep-realiza-el-estudio-biotico-de-las-cuencas-de-los-rios-guayllabamba-y-esmeraldas>

Gardon, F.R. Land Prioritization: An Approach to the Effective Environmental Planning of Hydrographic Basins. Environmental Management 67, 623–631 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01434-5>

Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., & Montealegre Medina, F. A. (2019). Manejo de cuencas hidrográficas: Herramientas de sistemas de información geográfica. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata; EDULP.

Gorayeb, A., Lombardo, M. A. y Pereira, L. C. C. (2011). Condiciones naturales e impactos ambientales en una cuenca hidrográfica costera en la Amazonía brasileña. Revista de Investigación Costera, 1340-1344. <http://www.jstor.org/stable/26482393>

- Granda-Aguilar, F., Benavides-Muñoz, H. M., Arteaga-Marín, J., Massa-Sánchez, P., & Ochoa- Cueva, P. (2024). Sustainable Water Service Tari Model for Integrated Watershed Management: A Case Study in the Ecuadorian Andes. *Water*, 16(13), 1816. <https://doi.org/10.3390/w16131816>
- Lapuerta Jaramillo, N. A. (2022). La configuración de Consejos de Cuenca como espacios de participación y Gestión Integral de los Recursos Hídricos del Ecuador (Tesis de Maestría). Universidad Andina Simón Bolívar, Ecuador. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4638406>
- Neves, G.L., Barbosa, M.A.G.A., Anjinho, P. et al. Evaluation of the impacts of climate change on streamflow through hydrological simulation and under downscaling scenarios: case study in a watershed in southeastern Brazil. *Environ Monit Assess* 192, 707 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08671-x>
- Pozo Alvear, A. K., & Terán Rosero, G. J. (2025). Cuencas Binacionales Ecuador-Colombia: Mira, Mataje y Carchi-Guáitara. Desafíos de coordinación para fortalecer la gobernanza del agua transfronteriza. *Arandu UTIC*, 12(2). <https://doi.org/10.69639/arandu.v12i2.1200>
- Economía y medio ambiente. Reflexiones desde el manejo de cuencas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable; Red Mexicana de Cuencas Hidrográficas; Red de Socioecosistemas y Sustentabilidad; WWF México; Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales); Fundación Gonzalo Rio Arronte, I.A.P.
- Sanjurjo Rivera, E., González Mora, I. D., Ortiz Paniagua, C. F., & Ríos Patrón, E. (2017). Economía y medio ambiente. Reflexiones desde el manejo de cuencas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable; Red Mexicana de Cuencas Hidrográficas; Red de Socioecosistemas y Sustentabilidad; WWF México; Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales); Fundación Gonzalo Rio Arronte, I.A.P.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2018, 12 de febrero). Desarrollo sostenible en las cuencas hidrológicas. Gobierno de México.

- Stockholm International Water Institute / WAA related pages and synthesis (ejemplos de World Water Week / integración de temas). (2023–2024). Documentos de discusión y resúmenes de sesiones. <https://siwi.org/latest/siwis-five-takeaways-from-world-water-week-2024/>. (Objetivos de Desarrollo Sostenible)
- Water Conference Side Event — PCJ Consortium (Water Pacts) (documento). (abril 2023). Side event documentation — Water Pacts / PCJ. https://sdgs.un.org/sites/default/files/2023-04/Virtual_Cooperation%20and%20social%20participation%20for%20the%20water%20management.pdf. (Objetivos de Desarrollo Sostenible)
- United Nations — Department of Economic and Social Affairs. (2024, mayo). Mapping and Progress of the UN 2023 Water Conference — Water Action Agenda (Progress report, May 2024, PDF). <https://sdgs.un.org/sites/default/files/2024-05/WAA%20Progress%20Report%20May%202024.pdf>. (Objetivos de Desarrollo Sostenible)
- United Nations — Summary for Water Conference 2023 (Final Edited — PGA77). (16 mayo 2023). Summary & evaluation of commitments. <https://sdgs.un.org/sites/default/files/2023-05/FINAL%20EDITED%20-%20PGA77%20Summary%20for%20Water%20Conference%202023.pdf>. (Objetivos de Desarrollo Sostenible)
- United Nations — Water Action Agenda Commitment to ensure Equitable and Reasonable Utilization of the Nile River. (15 septiembre 2023). Ficha WAA. <https://sdgs.un.org/partnerships/water-action-agenda-commitment-ensure-equitable-and-reasonable-utilization-nile-river>. (Objetivos de Desarrollo Sostenible)
- United Nations. (2023a, abril). Virtual cooperation and social participation for the water management — PCJ Water Pacts (Side event, UN 2023 Water Conference). https://sdgs.un.org/sites/default/files/2023-04/Virtual_Cooperation%20and%20social%20participation%20for%20the%20water%20management.pdf
- United Nations. (2023b, marzo). Advanced system for floods and low flow forecasting in the transboundary Sava River Basin (WAA commitment). <https://sdgs.un.org/partnerships/advanced-system-floods-and-low-flow-forecasting-transboundary-sava-river-basin>

EVALUACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

para una gestión sostenible

Capítulo 2

“Propuesta metodológica de gestión de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa con fines de protección y conservación”.

AUTOR: Gonzalo Cantos Cevallos



Las Cuencas Hidrográficas son ecosistemas de gran importancia ambiental por su gran diversidad biológica, paisajística, cultural y prioritariamente por su capacidad de retención y regulación de agua. Para impulsar una gestión adecuada de los ecosistemas de las cuencas, es fundamental contar con la información necesaria sobre el estado de sus recursos, gestión que permita promover su uso sostenible y una clara tendencia a reforzar las capacidades de gobernabilidad. Se plantea en la investigación el análisis de cuatro núcleos: biofísico, sociocultural, económico y político-administrativo, con la finalidad de encontrar una alternativa a las visiones del aprovechamiento del recurso y lograr una propuesta metodológica de gestión. Los intereses y perspectivas de los diversos actores sociales que directa o indirectamente interactúan el área se lo analizara a través de la herramienta de análisis de Mapeo de Actores (MAC) Tapella (2015), mismo que permite situar la información recogida en función de dimensiones sociales, espaciales y temporales. Se considerara la dinámica y las interacciones que estarían afectando al sistema. En cuanto al manejo de la cuencas considerando el potencial de las externalidades ambientales se aplicara la metodología de Beaulieu et al. (2002) que integra el análisis de la cuenca en busca del manejo sostenible de los recursos naturales. Como resultado de este esfuerzo se obtendrá un diagnóstico general del medio natural, de los aspectos socioeconómicos y del marco institucional del área del proyecto, se caracterizaran sus aspectos naturales para delinear su manejo sostenible y finalmente se formulara un plan preliminar de ordenamiento territorial con líneas estratégicas de manejo de los recursos naturales para la protección, conservación de la cuenca en estudio.

1. Problematicación

Los problemas ambientales, el incremento poblacional y el de la pobreza; de manera particular concentrada en las zonas rurales, ha provocado que muchos sectores consideren crear un sistema de gestión de los recursos naturales utilizando un mecanismo de planificación de desarrollo sostenible en manejo de cuencas hidrográficas.

En el Ecuador, de manera particular las cuencas hidrográficas de la región costa no escapan a realidades de deterioro, la tasa de deforestación y la contaminación ambiental se han ido incrementando debido entre otras razones al cambio en el uso de la tierra, al incremento de la agricultura y ganadería, todo ello viene generando un impacto ambiental de grandes magnitudes, convirtiéndose en un serio problema para los recursos naturales renovables y de las cuencas hidrográficas, es necesario entonces poner más atención a esta situación conflictiva de los usos inapropiados y las graves consecuencias que se están experimentando.

El área de la Cuenca Alta del Río Jipijapa constituye un sistema ecológico de alta fragilidad, las perturbaciones que se evidencian causadas por: las actividades agropecuarias irracionalmente aplicadas, procesos de deforestación que han destruido la cubierta vegetal ocasionando fenómenos de erosión hídrica y eólica; además de la degradación geológica natural; han generado procesos encadena que provocan fuertes impactos ambientales cuyo efecto principal es el cambio en los patrones del flujo del agua, limitando el suministro del recurso hídrico para las siguientes generaciones y generando un acentuado déficit hídrico para las partes medias y bajas del sistema hidrográfico.

Se puede planificar entonces acciones concretas tendientes a buscar un manejo adecuado y de distribución del territorio a través del manejo de las cuencas y de sus recursos naturales, con ello adquiere un importante rol el manejo y gestión de las cuencas hidrográficas frente a la problemática ambiental; fundamentalmente, porque los bosques naturales desempeñan funciones esenciales en: el ciclo del agua, la conservación de los suelos, la fijación del carbono y la protección de los hábitats; no obstante en estas importantes áreas, la agricultura sigue siendo el factor más determinante para causar la deforestación, debido a que los campesinos pobres dependen esencialmente de los recursos forestales para su subsistencia.

Para generar un adecuado manejo de las cuencas hidrográficas en el país y de manera particular en la provincia de Manabí, es necesario desarrollar investigaciones cuyos resultados permitan tomar decisiones con un enfoque científico, también es importante contar con la participación de los actores locales que son los que conocen la realidad de su territorio, de esta forma planificada podemos plantear soluciones desde el ámbito de la academia a los múltiples problemas ambientales que enfrenta la sociedad en general.

2. Objetivos

Objetivo General:

Determinar el estado actual de la cuenca del río Jipijapa con miras a generar gestión de manejo para su protección y conservación. (PRIMERA FASE)

- **Objetivos Específicos:**

- Diagnosticar el estado ambiental, social, cultural y económico de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa, a fin de detectar y determinar la problemática que incide en su gestión integral.

- Caracterizar la vulnerabilidad ambiental de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa, mediante parámetros asociados al aspecto climático y a los recursos agua, suelo, vegetación, que contribuya a establecer las bases para el manejo para su protección y conservación.
- Zonificar y mapear el territorio de la cuenca hidrográfica para contar con un documento de ordenamiento territorial que integre a su manejo a las comunidades inmersas en el área de estudio.

3. Marco Lógico

MATRIZ DE MARCO LÓGICO

JERARQUÍA DE OBJETIVOS	DEFINICIÓN DEL INDICADOR	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<p>FIN (OBJETIVO A LARGO PLAZO):</p> <p>Contribuir en la sostenibilidad de los recursos naturales a través de la formulación de líneas estratégicas de gestión ambiental para el manejo y conservación de la cuenca hidrográfica del río jipijapa frente al cambio climático, alcanzadas con la aplicación de procesos metodológico de gestión. Con ello estaríamos logrando el cumplimiento de los objetivos 2 (hambre cero), 6 (agua limpia y saneamiento) y 15 (vida de ecosistemas terrestres) de la Resolución 70/1 (Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible), como de los objetivos 3 (Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y las futuras generaciones) y 6 (Desarrollar las capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y el desarrollo rural integral) del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2023 de Ecuador.</p>	<p>Haber contribuido al cumplimiento de los objetivos números 2 y 6 de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y los números 3 y 6 del Plan Nacional de Desarrollo 20172022 de Ecuador.</p>	<p>Informe final del proyecto Listas de participantes en las diferentes actividades Trabajos de titulación defendidos exitosamente Divulgación de los resultados</p>	<p>Políticas nacionales e institucionales respecto a la investigación, generan fluidez de la gestión para el cumplimiento del proyecto.</p>

OBJETIVO GENERAL(O PROPÓSITO): Determinar el estado actual de la cuenca del río Jipijapa con miras a generar gestión de manejo para su protección y conservación.	Al finalizar el proyecto (diciembre de 2022) se ha defendido exitosamente cuatro trabajos de titulación y se han enviado a revista para su publicación igual número de manuscritos de artículos científicos. Se ha presentado cuatro ponencias de los resultados obtenidos en eventos científicos nacionales e internacionales. se encuentran capacitados al menos 20 líderes de las comunidades de influencia del área del proyecto.	Informe final del proyecto Trabajos de titulación Artículos publicados o evidencias de su envío Certificados de Ponencias presentadas en eventos nacionales e internacionales Listado de participantes en el curso de capacitación.	Cumplimiento de la entrega de los insumos y del financiamiento necesario para el cumplimiento de las actividades programadas en el proyecto.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS (Componentes o resultados): 1. Diagnosticar el estado ambiental, social, cultural y económico de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa, a fin de detectar y determinar la problemática que incide en su gestión integral.	Al finalizar el proyecto (diciembre de 2022) se ha defendido dos trabajos de titulación, se han enviado a revistas científicas dos artículos científicos para su publicación, Se han presentado dos ponencias en eventos científicos nacionales e internacionales.	Informes de avance del proyecto Trabajos de titulación Ponencias presentadas en eventos nacionales e internacionales Artículos publicados.	Tener acceso a las bases de datos sobre el manejo de cuencas.

2. Caracterizar la vulnerabilidad ambiental de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa, mediante parámetros asociados al aspecto climático y a los recursos agua, suelo, vegetación, que contribuya a establecer las bases para el manejo para su protección y conservación.	Al finalizar el primer año del proyecto (diciembre de 2020) se ha defendido un trabajo de titulación, un artículo científico se ha enviado a una revista para su publicación. Se ha presentado el resultado obtenido en un evento científico nacional o internacional.	Informes de avance del proyecto Trabajo de titulación Ponencia presentada en evento nacional o internacional Artículo publicado o evidencias de su envío a una revista científica.	Contar con el apoyo institucional para el correcto desarrollo del proyecto de acuerdo a las políticas institucionales.
3. Zonificar y mapear el territorio de la cuenca hidrográfica para contar con un documento de ordenamiento territorial que integre a su manejo a las comunidades inmersas en el área de estudio.	Al finalizar el segundo año del proyecto (diciembre de 2022) se han defendido un trabajo de titulación se ha defendido un trabajo de titulación, dos artículos científicos se han enviado a una revista para su publicación. Se ha presentado el resultado obtenido en un evento científico nacional o internacional.	Informes de avance del proyecto Trabajos de titulación Ponencia presentada en eventos nacionales o internacionales Artículos publicados o evidencias de su envío a revistas científicas.	Disponer de recursos para cumplir las actividades planificadas, Contar con el apoyo institucional para el correcto desarrollo del proyecto de acuerdo a las políticas institucionales.
ACTIVIDAD No. 1 Crear las respectivas bases de datos obtenidas en la fase preliminar y de diagnóstico biofísico, social y económico de la cuenca hidrográfica en estudio. 1.1. Procesar las informaciones disponibles en las bases de datos 1.2. Analizar estadísticamente los resultados 1.3. Procesar el trabajo de titulación y el manuscrito de artículo o ponencia.	Total: 3044,44 Recursos bibliográficos: Materiales y suministros: Alimentación:	Facturas Actas de entrega de insumos.	Disponer de recursos para cumplir las actividades planificadas, Contar con el apoyo institucional para el correcto desarrollo del proyecto de acuerdo a las políticas institucionales.

<p>ACTIVIDAD No. 2</p> <p>Aplicar las encuestas en las diferentes miembros de las comunidades del área de influencia del proyecto</p> <p>2.1 procesar encuestas 2.2 procesar trabajo de titulación y de artículo científico.</p>	<p>Total: 1206,72</p> <p>Recursos bibliográficos: Alimentación:</p>	<p>Facturas Actas de entrega de insumos.</p>	<p>Disponer de recursos para cumplir las actividades planificadas, Contar con el apoyo institucional para el correcto desarrollo del proyecto de acuerdo a las políticas institucional. Poder realizar los viajes de campo para la aplicación de las encuestas.</p>
<p>ACTIVIDAD No. 3</p> <p>Realizar recorridos de campo para conocer el grado de vulnerabilidad ambiental de la cuenca hidrográfica (10 salidas de campo)</p> <p>3.1. Procesar datos e imágenes 3.2. tomar muestras de agua y suelo para análisis 3.3.. procesar el trabajo de titulación y el manuscrito de artículo o ponencia.</p>	<p>Total: 1202,44</p> <p>Alimentación: Análisis de suelo: Análisis de agua:</p>	<p>Facturas Actas de entrega de insumos.</p>	<p>Disponer de recursos para cumplir las actividades planificadas, Contar con el apoyo institucional para el correcto desarrollo del proyecto de acuerdo a las políticas institucional. Poder realizar los viajes de campo para la aplicación de las encuestas.</p>

ACTIVIDAD No. 4 Geo procesar datos e información geográfica vectorial y raster para Zonificar y mapear el territorio de la cuenca hidrográfica de acuerdo a sus componentes biofísicos, social y económicos, 4.1 Recopilación y generación de información geográfica 4.2 Definir un plan de ordenamiento territorial de manejo integral y de desarrollo territorial para la protección y conservación con enfoque eco sistémico que integre las comunidades inmersas en el área de estudio. 4.3 Elaborar el trabajo de titulación y el manuscrito de artículo o ponencia.	Total: 4658,40 Material geográfico: Alimentación: Transferencia de resultados:	Facturas Actas de entrega de insumos.	Disponer del equipamiento y materiales necesario en el tiempo previsto.
---	--	--	---

4. Justificación

Para hacer frente a los diversos efectos del cambio climático es necesario desarrollar e implementar capacidades preventivas de respuesta ante los impactos adversos previsibles, se necesitan propuestas que identifique y permita definir las herramientas, metodologías e investigaciones. Hasta ahora, son pocos los métodos e instrumentos sólidos para la formulación de estrategias y la planificación en el manejo adecuado de las cuencas hidrográficas, se plantean varios objetivos en el presente proyecto, los cuales contribuirán a resolver la problemática ambiental que presenta la cuenca hidrográfica.

La presente investigación se sustenta en el entendimiento de que el recurso hídrico es fundamental e insustituible para la vida, imprescindible para el funcionamiento natural de los ecosistemas que constituyen la base para el desarrollo de las actividades humanas, el bienestar social y el avance de la sociedad. La cuenca alta del río Jipijapa, principal generador de este recurso, evidencia serias perturbaciones ambientales, que podrían volverse progresivas e incluso llegar a degradar en forma permanente las condiciones naturales afectando naturalmente el bienestar de las generaciones presentes y futuras.

La restauración y conservación de la cuenca generatriz mediante una propuesta de manejo ambiental se justifica puesto que: garantizara el suministro permanente de bienes y servicios ambientales tales como: agua para

consumo humano y para riego, equilibrio ecológico del área de estudio, prevención de riesgos y desastres como deslizamientos y movimientos en masa, que son característicos en la zona; asegurara la conservación de la biodiversidad, entre otros; que propician mejoras en las condiciones y la calidad de vida de la población, la sostenibilidad de los procesos productivos y la conservación del ambiente natural.

Cumpliendo plenamente los objetivos, el proyecto producirá nuevos conocimientos en el ámbito científico; lo cual se demostrara en la mejora del desempeño docente y en el rendimiento académico de los estudiantes.

Desde el punto de vista tecnológico el constante desarrollo y crecimiento de las poblaciones rurales y urbanas ha creado retos y desafíos los cuales obligan a los investigadores y planificadores en gestionar y ordenar el uso de los espacios y la optimización de los recursos naturales, es por ello que la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ayudan a establecer comunicación entre los distintos actores proporcionando no solamente las herramientas que son de gran alcance para el almacenamiento de datos espaciales y estadísticos, sino además se pueden integrar con otras bases de datos desarrolladas en un mismo formato, estructura y representación cartográfica. Los SIG forman parte importante en todos los proyectos que tienen gran repercusión en el conocimiento y uso de los recursos además de la planificación del territorio. Cada día es más demandante y exigente el estudio del Territorio y el Medio Ambiente, donde se hace indispensable la georreferenciación, sin embargo, es necesario iniciativas investigativas para ser capaces de crear estándares y desarrollar infraestructuras de datos espaciales nacionales o regionales.

El ordenamiento territorial rural se presenta entonces como una herramienta importante para fortalecer la seguridad alimentaria de los habitantes de las áreas de influencia de la cuenca hidrográfica permitiéndoles conciliar el desarrollo económico con las distintas formas de ocupación territorial, esto permitirá integrar de forma sustentable las actividades económicas, la preservación ambiental y la diversidad cultural. Se realizara un aporte importante al logro de los objetivos del plan nacional de desarrollo 2017 – 2022 en sus objetivos 3 y 6 (garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones; desarrollar las capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y el desarrollo rural integral, respectivamente).

5. Hipotesis

El diagnóstico del estado ambiental, social, cultural, económico y político administrativo, la caracterización de la vulnerabilidad ambiental y la zonificación y mapeo del territorio de la cuenca hidrográfica, permitirán la elaboración del plan de ordenamiento territorial y de líneas estratégicas de gestión ambiental de la cuenca hidrográfica del río jipijapa para un manejo sostenible.

6. Fundamentación Científico Tecnológico

Los problemas ambientales de una cuenca hidrográfica generalmente están asociados directamente con la acción del hombre en su afán de ampliar las fronteras agrícolas para fines de subsistencia o mejoría económica. Estas actividades han dado como resultado la alteración y desequilibrio de los ecosistemas naturales de las subcuentas, y a la vez esto se traduce en los siguientes problemas: a) eliminación de la cobertura boscosa, b) daños a la capacidad reguladora de las cuencas hidrográficas, c) erosión y pérdida de suelos, d) presencia del proceso de desertización, y e) contaminación del agua por desechos (CONADE-MAG-INERHI, 1997).

Desde una perspectiva ambiental las cuencas hidrográficas constituyen un ámbito para los procesos de gestión descentralizada con participación comunal que busquen el desarrollo humano y la conservación ambiental, aunque en ocasiones no llegan a satisfacer ciertas condiciones de índoles económica, social y política. (Rodríguez Barrientos, 2006).

La ecología de las cuencas tiene una gran importancia para la humanidad. El suministro mundial de agua dulce depende en gran medida de la capacidad de la población de regular el agua que llega a las tierras bajas desde las tierras altas. La seguridad alimentaria también depende en buena parte del agua y los sedimentos que llegan de las tierras altas (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2007).

Como un paso para implementar estrategias el gobierno a través del INERHI (2011) ha dividido el país en 76 cuencas hidrográficas, las que están plenamente caracterizadas según la importancia de los recursos de estas vertientes, sin embargo, para impulsar una gestión adecuada del agua, es fundamental contar con la información necesaria sobre el estado del recurso, que permita promover su uso sostenible y especialmente de los ecosistemas que se enmarcan en las zonas de estas cuencas (Torres, et al., 2011; FAO, 2014). En cuanto a la provincia de Manabí El plan hidráulico de la provincia identificó 22 cuencas hidrográficas, que conforman las redes fluviales más importantes, entre ellas la cuenca hidrográfica del río Jipijapa misma que requiere especial

atención por el deterioro que viene siendo objeto por las acciones antrópica generalmente y en menor grado por efectos naturales.

En la parte tecnológica, Pérez (2016) indica que el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), constituyen una herramienta útil en la planificación territorial por su característica espacial, la cual conlleva al conocimiento del territorio y permite la toma de decisiones más adecuadas para un territorio. Según Gómez Orea (2008), básicamente ordenar un territorio significa identificar, distribuir, organizar y regular las actividades humanas en ese territorio de acuerdo con ciertos criterios y prioridades, es decir poner cada cosa en el lugar que le corresponde. El Ordenamiento Territorial Rural (OTR) es un proceso político-técnico-administrativo orientado a la organización, planificación y gestión del uso y ocupación del territorio, en función de las características y restricciones biofísicas, culturales, socioeconómicas y políticoinstitucionales. Este proceso debe ser participativo e interactivo y basarse en objetivos explícitos que propicien el uso inteligente y justo del territorio, aprovechando oportunidades, reduciendo riesgos, protegiendo los recursos en el corto, mediano y largo plazo y repartiendo de forma racional los costos y beneficios del uso territorial entre los usuarios del mismo (MAGyP 2012).

7. Diseño Metodológico

7.1. Etapa preliminar

Esta etapa consiste en el reconocimiento físico geográfico de las principales áreas que ocupa la cuenca hidrográfica; la valoración de los diferentes ecosistemas presentes en las diferentes microcuencas a través de visitas de campo y observaciones directas, así también la revisión de información secundaria, se complementa esta primer etapa con la identificación de los promotores/as comunitarios, para ello se aplicará la metodología del Proyecto Desarrollo Forestal Campesino (DFC) como estrategia de desarrollo de participación forestal participativo propuesto por La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO 1995) y el método de Mapeo de Actores (MAC) que es un instrumento investigativo el cual permite situar la información recogida en función de dimensiones sociales, espaciales y temporales ofreciendo una perspectiva del campo como un todo (Schatzman y Strauss, 1971, citado por Rance y Tellerina, 2003). Los mapas pueden estar constituidos por relatos, rótulos, símbolos, fotografías, dibujos, flujo gramas, organigramas, planos territoriales, o una combinación de tales elementos, esta metodología se presta a propósitos interactivos, estratégicos, de análisis y planificación, y finalmente la metodología de planificación participativa,

descrita en Beaulieu et al. (2002) la que analiza las externalidades ambientales y la planificación participativa.. Esta metodología fue desarrollada por el proyecto Uso de la Tierra de Centro Internacional de Agricultura Tropical -CIAT y aplicada en la elaboración del Plan de Ordenamiento Territorial (2000) y el Plan de Desarrollo (2002) de Puerto López (Colombia). Así mismo ha sido aplicada en Planes de Ordenamiento Ambiental y Planes de desarrollo agrícola (CIAT 2002). Esta metodología se ha integrado al análisis de cuenca en busca del manejo sostenible de los recursos naturales. Los métodos descritos han permitido reconocer, por quienes lo han aplicado, el importante papel que las comunidades rurales juegan en el manejo de los recursos naturales renovables, por lo que ha promovido la incorporación de la dimensión de género en las actividades forestales en general. El trabajo se lo ejecutara en dos etapas, el primer año se ocupara del territorio de la cuenca alta que es la que mayor deterioro tendría y el segundo año intervendría en la cuenca media y baja.

7.2. Etapa de análisis del contexto, caracterización, y diagnóstico

Para el análisis del contexto se planificará con el apoyo de los promotores comunitarios la realización de un taller por comunidad ubicada dentro de la cuenca. Se utilizarán herramientas del diagnóstico rural participativo (FAO, 1995) para análisis del contexto, uso de recursos y perspectivas de manejo. Los recorridos de campo permitirán determinar los conductores de cambio directos e indirectos, a través de la caracterización y diagnóstico se realizara un inventario de usuarios de la cuenca hidrográfica.

Con la aplicación de procedimientos técnicos de manejo para el área de estudio se realizara la interpretación de las características Morfométricas que nos permitieran estimar en gran medida el comportamiento de la cuenca; para cumplir con este objetivo se adquirirá en el Instituto Geográfico Militar imágenes satelitales y las cartas topográficas de Jipijapa y zonas aledañas, a escala 1:50.000; material digital y cartográfico del Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (SIG-TIERRAS) y (SIG AGRO) del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) con las cuales se procede a elaborar el mapa base en el que se delimita el área total de la zona del proyecto; luego se cuantifica el perímetro y la longitud del cauce mayor; índices fundamentales para calcular los restantes coeficientes morfométricos: coeficiente de compacidad, factor de forma, altura media, densidad de drenaje, entre otros; la fórmula para este cálculo se detalla en el cuadro No.1.

Posteriormente se realizara el diagnóstico de las características biofísicas, aplicando para el efecto el método de superposición en la cartografía temática e imágenes satelitales de resolución avanzada que incluya: geología, geomorfología, suelos, uso actual de suelo, vegetación, recursos hídricos, entre otros. Los valores meteorológicos serán consultando los registros del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, de las estaciones ubicadas en el área de influencia de la cuenca alta: La Naranja y Andil de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, en un periodo de temporalidad considerando las época de los registros que no sea menor a diez años, a excepción de la estación Andil que cuenta con solo 8 años de funcionamiento puesto que empezó en el año 2012.

Para el análisis socio-económico se realizarán encuestas en los principales recintos y comunidades inmersas en el área del proyecto, calculándose una muestra representativa. El diagnóstico a obtenerse y las inspecciones directas en los lugares representativos de la cuenca alta, con el debido registro fotográfico permitirá proceder a formular la propuesta de manejo ambiental con sus respectivos componentes.

Cuadro No. 1.

Formulas, coeficientes y criterios de interpretación, empleados para el cálculo y determinación de las principales características Morfométricas de las cuencas hidrográficas.

coeficiente	Sí m	Formula	Criterios de interpretación
Área	A	Midiendo las superficies en mapas topográficos, en los cuales se define previamente el perímetro	<100 km ² = pequeñas Entre 100 y 1000 km ² = medianas > de 1000 km ² = grandes
Factor de forma	Ff	$Ff = \frac{Área}{(lg\ cauce\ mayor)^2}$	Mientras más bajo es su valor hay poca susceptibilidad a las crecidas
Índice de compacidad	Kc	$Kc = 0.282 \frac{Perimetro}{\sqrt{Área}}$	Kc de 1.0 a 1.25 = tendencia alta. Forma casi redonda a oval redonda Kc de 1.25 a 1.50 = mediana tendencia. Forma oval redonda a oval oblonga Kc de 1.50 a 1.75= baja tendencia. Forma oval oblonga a rectangular oblonga Kc > 1.75 = poca tendencia. Forma rectangular
Índice pendiente	Ip	$Ip = \frac{l}{\sqrt{L}} \sum_{i=R}^{i=1} B_i (C_i * C_{i-1} \dots)$	
Índice pendiente global	Ig	$Ig = \frac{D}{L} = \frac{H_5 - H_{95}}{L}$	Este índice se calcula en la curva hipsométrica
Desnivel específico	Ds	$Ds = Ig \sqrt{A}$	100 < Ds < 250 m = R5. Relieve moderado a fuerte 250 < Ds < 500 m = R6. Relieve fuerte Ds > 500 m = R7. Relieve muy fuerte
Pendiente equivalente	Ss	$Ss = \frac{H}{L}$	
Tiempo de concentración	Tc	$Tc = \frac{1.09 \sqrt[3]{AXL}}{\sqrt{S_3}}$	
Densidad de drenaje	Dd	$Dd = \frac{\sum L}{A}$	0.1 a 1 Km/ km ² = regularmente drenada 1.0 a 1.5 Km/ km ² = normalmente drenadas 1.5 a 2.5 Km/ km ² = bien drenadas < 2.5 Km/ km ² = muy bien drenadas

7.3. Etapa de mapeo y zonificación

Para la determinación de unidades de manejo tomando en cuenta el uso actual, uso potencial y la definición de los usos concertados se revisará la información raster y vectorial, cartográfica física y digital disponible y se utilizará los sistemas de información geográfica para el procesamiento de la información. Se parte de la interpretación de las fotografías aéreas orto-rectificadas del Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (SIGTIERRAS) del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). Se procede a extraer los elementos territoria-

les como: vialidad, poblados, ríos lagunas, e información temática como la cobertura vegetal y uso del suelo; la escala de trabajo será de acuerdo a la información disponible se utilizara técnicas de digitalización en pantalla. Con la ayuda de un dron se realizaran múltiples sobre vuelo para la capturas de imágenes aéreas de la cobertura real y general de la cuenca hidrográfica para su posterior geo procesamiento.

7.4. Etapa de formulación del documento de ordenamiento territorial y de desarrollo

En los talleres comunitarios se analizara la información proporcionada por los comuneros, información digital y cartográfico que se vaya generando y demás información de las características de los ecosistemas, producto del debate acerca de las estrategias para su manejo, principales actividades, financiamiento y actores involucrados, se recogen las potencialidades y limitaciones del territorio enmarcadas en las políticas y las estrategias planteadas en los procesos de diagnóstico y evaluación del modelo territorial, las cuales son la base de para la construcción, discusión, aprobación, adopción, en base a la metodología planteado por (IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1998). El documento de ordenamiento territorial será el producto final de diálogos y consenso se construirán de manera participativa de todos los actores sociales involucrados en el contexto de la cuenca en estudio y en base al diagnóstico sectorial, evaluación del territorio, el análisis prospectivo y modelo territorial deseado y la reglamentación de uso de suelo, se lo definirá en función de lo indicado en el cuadro No. 2.

Cuadro No. 2.

Contenido de la propuesta del Plan de Ordenamiento y desarrollo territorial.

CONTENIDO DE LA PROPUESTA DEL PLAN DE ORDENAMIENTO Y DESARROLLO TERRITORIAL				
COMPONENTE	VARIABLE CLAVE	ESCENARIO TENDENCIAL	ESCENARIO OPTIMO	ESCENARIO CONCERTADO
BIOFÍSICO	Vegetación	Disminuye por la deforestación para ampliación frontera agrícola, hacia el paramo	Regeneración natural Revegetalización	Practicas de protección y conservación. Revegetalización y regeneración natural.
ECONÓMICO	Agricultura	Aumento frontera agrícola Disminución de productividad y rentabilidad.	Restricción y control del uso de la tierra. Fomento de protección agroforestal. Fomento e incremento de la producción. Desarrollo de nuevas tecnologías apropiadas	Fomento e incremento de la producción
SOCIAL	Población	El crecimiento de la población tiende a ser estable o disminuir	Programas dirigidos a viviendas de interés social. Desarrollo urbanístico restringido y población estable	Ordenamiento y regulación del medio ambiente

7.5. Etapa del sistema de seguimiento, monitoreo y Evaluación

Esta etapa se la trabajara inicialmente en gabinete y, consiste en el análisis y propuesta de un sistema de seguimiento, monitoreo y evaluación el mismo que se lo realizara semestralmente mientras dure el proyecto con base a las capacidades y responsabilidades locales y de acuerdo a los objetivos, metas y actividades propuestas, luego se aplicara en el territorio para constatar el cumplimiento y desarrollo de cada una de las actividades planteadas. Se llevara un control minucioso de cumplimiento de metas.

7.6. Etapa de socialización, publicación y difusión.

Esta tarea está prevista realizarla bajo dos esquema de trabajo; al interior del área de trabajo esto es con los involucrados (reuniones, talleres de socialización) y al exterior del área de estudio, esto es la divulgación de los procesos y resultados a la comunidad de investigadores, científica e interesados en

estos temas, se lo realizara en base a participación en eventos de carácter científicos tanto nacionales e internacionales (ponencias, publicaciones de carteles, artículos).

8. Articulación con la vinculación con la sociedad y la docencia

El presente proyecto de investigación tiene el carácter de vinculante a través de sus objetivos planteados, una vez obtenido sus resultados estos concluirán en generar más propuestas que estén relacionadas directamente con la sociedad para resolver los problemas identificados. Los objetivos están planteados para brindar aportes en:

El diagnosticar y tener el conocimiento previo del territorio y la expresión visual de los medios biofísico, económico y social, dentro de esta propuesta de plan, admiten evaluar, comparar y verificar de forma ágil si la información gráfica se ajusta a la realidad encontrada en territorio, con esta herramienta que cuenta con el suficiente fundamento científico de cómo está la realidad ecosistémica de la cuenca hidrográfica podremos definir nuevas acciones que den soluciones a los problemas detectados desde la perspectiva de la universidad en razón de que implícitamente está comprometida con la sociedad como agente de cambio a través de los proyectos.

A su vez el caracterizar la vulnerabilidad ambiental de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa, analizando parámetros climáticos y demás recursos como el agua, suelo, vegetación, se lograra determinar bases para el manejo de su protección y conservación, tarea que se lo realizara con las mismas comunidades inmersas en las áreas de influencia directa e indirecta de la cuenca en estudio, a este componentes también se involucrara a manera de cogestión a los organismos de desarrollo local como los GADs provincial, cantonal y parroquiales.

Con el análisis del Medio Biofísico y el ordenamiento del territorio, se puede lograr una caracterización para determinar las potencialidades y limitaciones del territorio y lograr obtener un modelo territorial prospectivo en favor directo del medio social, con ello se puede establecer donde localizar o reubicar los asentamientos (población e infraestructura de vías y servicios), lo que será ventajoso en la planificación ya que identifica que la distribución de los servicios sea adecuada y llegue a toda la población inmersa en el territorio de la cuenca hidrográfica en estudio. Al mismo tiempo con la información geográficamente representada busca resolver problemas complejos de planificación y gestión del territorio, sin embargo el conocimiento previo del territorio no deja de ser importante ya que se puede controlar la información obtenida.

Según Tamayo, (2012), p. 233, citado por Muñoz Chamba, (2015), p.83, “el disponer de información previa, sea primaria o secundaria, es la base para todo proceso de planificación, siendo su recopilación el punto de partida que sustenta todo el estudio de ordenamiento territorial con ayuda de SIG”.

Lo que generara el proyecto en su fase operativa está directamente vinculado con la academia y en el proceso enseñanza con los estudiantes de la carrera de ingeniería forestal y carreras afines, luego sus actividades se cumplirán y generaran resultados evidenciándolos con la participación directa de los estudiantes en las practicas pre profesionales y de vinculación, se transformaran en actores principales del desarrollo y manejo de la cuenca hidrográfica. Luego todos los resultados serán presentados en eventos científicos nacionales y extranjeros a su vez publicados como artículos en revistas científicas.

Articulación con la Función docencia				Función Vinculación con la Sociedad		
Proyecto (os) PIS articulado a desarrollar	Asignaturas articuladas del currículo	N° de estudiantes que realizaran ayudantía de catedra e investigación	Trabajo (os) de titulación de grado o tesis de Posgrado a desarrollar	Proyecto y/o Objetivos de vinculación con la sociedad articulados	N° de estudiantes que realizaran sus prácticas pre profesionales	N° de capacitaciones a ejecutar como actividad de educación continua
Aplicación de las ciencias básicas en ingeniería forestal con miras a la conservación de los bosques.	Introducción a las ciencias forestales	15	Manejo integral de la cuenca hidrográfica alta del río Jipijapa	Análisis de las acciones antrópicas que contaminan la cuenca alta del río Jipijapa	6	1
Manejo integral de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa con vistas a su conservación y uso sostenible.	Manejo de cuencas hidrográficas	18	Propuesta de conservación y uso sostenible de la cuenca media del río Jipijapa	Análisis socioeconómicos de las comunidades de influencia de la cuenca hidrográfica del río jipijapa	8	1

Gestión y manejo de cuencas hidrográficas aplicando los sistemas de información geográficas	Sistema de información geográfica	22	Propuesta de conservación y uso sostenible de la cuenca media del río Jipijapa	Plan de ordenamiento territorial para el manejo sostenible de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa	4	1
Cuantificación de los recursos asociados a los bosques naturales y las plantaciones forestales	Inventarios forestales	12	Determinación de la calidad del suelo de la cuenca alta del río Jipijapa			

9. Resultados Esperados

Los objetivos que se han planteado en el proyecto, destacaran en los siguientes resultados:

El diagnostico estará dirigido principalmente a identificar la situación ambiental de la cuenca con el fin de definir sus potencialidades en relación con los recursos naturales renovables; definir una línea base ambiental con todos los componentes del sistema biofísico y los componentes del sistema socioeconómico de la población inmersa en el área de estudio permitirá conocer la realidad de la cuenca.

Dado que una cuenca hidrográfica es la unidad geográfica más adecuada para la gestión integral de los recursos hídricos, caracterizar la misma nos llevara a conocer en que condición se encuentran sus principales componentes físicos, biológicos, sociales y económicos, con estos elementos podremos establecer las bases para su manejo de protección y conservación.

Con el diagnóstico del estado ambiental, social, cultural y económico y la caracterización de la vulnerabilidad ambiental; podremos proponer su zonificación y distribución del territorio para una mejor distribución del espacio físico que estaría deteriorándose por las acciones antrópicas y naturales, con lo que estaríamos contribuyendo a garantizar una producción sostenible como sustento de los actores locales y se generarían mejores condiciones biofísicas que reduzcan la sensibilidad a eventuales eventos climático.

Finalmente podremos definir el documento de ordenamiento territorial para el manejo integral y de conservación con un enfoque eco sistémico que integre las comunidades inmersas en el área de estudio, cuya estructura se

definirá en función del diagnóstico biofísico, socio económico y la exigencia de los propios actores locales, que habitan en forma consolidada o dispersa al interior del área del proyecto; estará diseñado para que funcione como un sistema ambiental integral conformado por cuatro programas principales con sus proyectos consecuentes, entre ellos:

Programa de fortalecimiento de las capacidades de los actores locales, programa de desarrollo del componente agropecuario, programa de protección y conservación del bosque natural y programa de manejo eficiente de los recursos hídricos. Todo esto con la participación de los actores locales y de cogestión (Universidad, GADs provincial, cantonal y parroquial)

10. Plan de divulgación científica y tecnológica:

Los resultados a obtenerse de acuerdo a los objetivos planteados, se lo divulgará en espacios científicos de carácter nacional e internacional como; congresos, seminarios y otros, se lo realizara presentado al menos cinco ponencias y se publicaran al menos cuatro artículos científicos en revistas de carácter científicas, se publicarán al meno un libro de carácter técnico, con la participación de los estudiantes se generarán al menos cinco proyectos de titulación.

EVALUACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

para una gestión sostenible

Capítulo 3

Zonificación forestal de la cuenca alta del río Jipijapa

AUTORES: Cristóbal Gonzalo Cantos Cevallos; Josshelyne Paola Cantos Vítores;
Ginger Aracely Pionce Andrade



Resumen

La zonificación forestal dentro de las cuencas hidrográficas representa una herramienta técnica que identifica, agrupa y ordena los terrenos forestales para propiciar una mejor administración facilitando la comprensión y la toma de decisiones. El presente estudio tuvo como propósito zonificar la cuenca alta del río Jipijapa utilizando herramientas del sistema de información geográfica. La metodología utilizada involucró la utilización de información geográfica como imágenes satelitales del satélite RE-4 y un modelo de elevación digital combinado con archivos vectoriales con la variable cubierta forestal como base, la recolección de datos en campo se la realizó mediante recorridos de reconocimiento y entrevistas para considerar el criterio de los campesinos de la zona, quienes conocen ancestralmente el tipo de uso y manejo que han aplicado en sus terrenos. Luego del geo procesamiento de la información se identificaron las diferentes categorías de clasificación como zona de protección y conservación de los recursos naturales, zona de producción permanente, zona de recuperación y restauración, zona de asentamientos humanos y la zona de cultivos de ciclo corto, posteriormente se elaboraron los mapas temáticos que representan las diferentes categorías de zonas. Se determina que la zonificación forestal en cuencas hidrográficas ayuda a planificar el uso del territorio e identifica las áreas que deben ser atendidas de manera prioritaria para garantizar la conservación de los recursos naturales.

Palabras claves: Geoespacial, imagen satelital, mapa temático, sistema de información geográfica, zonificación forestal.

Abstract

Forest zoning within hydrographic basins represents a technical tool that identifies, groups and orders forest land to promote better administration, facilitating understanding and decision-making. The purpose of this study was to zone the upper basin of the Jipijapa River using geographic information system tools. The methodology used involved the use of geographic information such as satellite images from the RE-4 satellite and a digital elevation model combined with vector files with the forest cover variable as a base, data collection in the field was carried out through reconnaissance tours and interviews. to consider the criteria of the peasants of the area, who know ancestrally the type of use and management that they have applied to their lands. After the geo-processing of the information, the different classification categories were identified as a zone of protection and conservation of natural resources, a zone of permanent production, a zone of recovery and restoration, a zone of human

settlements and a zone of short-cycle crops, later Thematic maps representing the different categories of zones were elaborated. It is determined that forest zoning in hydrographic basins helps to plan the use of the territory and identifies the areas that must be attended as a priority to guarantee the conservation of natural resources.

Keywords: Geospatial, satellite image, thematic map, geographic information system, forest zoning.

Diseño teórico de la investigación

Objetivo general

Realizar la zonificación forestal de la cuenca alta del río Jipijapa

Objetivos específicos

- Identificar las diferentes zonas forestales de la cuenca alta del río Jipijapa utilizando las herramientas de los sistemas de información geográfica y la variable cobertura forestal.
- Elaborar mapas temáticos de zonificación forestal con diferentes categorías de la cuenca alta del río Jipijapa

Objeto de estudio

Zonificación forestal en la cuenca alta del río Jipijapa

Campo de acción

Zonificación forestal en la cuenca alta del río Jipijapa considerando la utilización de las herramientas de los sistemas de información geográfica y la cobertura forestal del área de estudio.

Pregunta de investigación

¿Cuáles serán las categorías de zonificación forestal de la cuenca alta del río Jipijapa al identificarlas utilizando las herramientas de los sistemas de información geográfica?

Alcance de la investigación

La investigación es descriptiva. Hernández, Fernández y Baptista (2014), indican que con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.

Hipótesis de la investigación

Si se realiza la zonificación forestal en la cuenca alta del río Jipijapa utilizando herramientas de los sistemas de información geográfica se conocerá las diferentes categorías de zonificación.

Materiales y Métodos

Caracterización del área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la cuenca alta del río Jipijapa, ubicada en el Cantón Jipijapa, Provincia de Manabí. Esta área geográfica se encuentra en las coordenadas UTM: 551797 E - 9850164 S, zona 17S, con una extensión de 90,8 km². Se localiza al sur de la Provincia de Manabí. La cuenca alta del río Jipijapa incluye tres afluentes principales: el río La Pita (41,12 km²), el río Caña Brava (37,87 km²) y el estero el Laurel (11,81 km²). La población del área rural que se encuentra inmersa dentro de la cuenca está distribuida en varios recintos, como Gramalotal, Palmital de Afuera, San Carlos, Maldonado, Caña Brava, San Miguel, La Pita, La Mona, El Laurel, Andil y Choconchá. Desde una perspectiva ecológica, según el Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental del Ministerio del Ambiente (2013), el área de estudio corresponde al Bosque Semidecidual de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial, este ecosistema presenta una fisonomía boscosa y un bioclima pluviestacional con un ombrotipo subhúmedo. Estas condiciones climáticas son influenciadas por la corriente de Humboldt, que genera neblina en las zonas altas. La cobertura forestal muestra árboles dispersos debido a la explotación selectiva de especies silvestres, especialmente maderables. Además, se distinguen elementos que lo diferencian de los Bosques Deciduos de Tierras Bajas Sierra (2013).

Ubicación del área de estudio

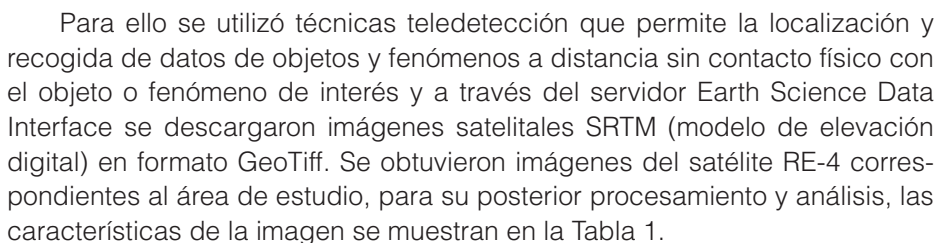


Tabla 1.

Características de la imagen satelital RapidEye-4.

Parámetro	Escena básica RE
Escena ID	L15-0565E-1016N/L15-0566E-1016N
Porcentaje de nubes	4 %
Píxel	4,77 m
Satélite	RapidEye-4
Ángulo solar	43°

3.2.3 Procesamiento digital de imágenes

Las imágenes satelitales adquiridas fueron sometidas a un proceso de procesamiento digital utilizando software QGIS 3.28 y los plugins Semi-Automatic Classification, SAGA GIS 7.8.2 y GRASS GIS 7.8.7. Este proceso incluyó correcciones radiométricas y geométricas, realce de la imagen y generación de índices de vegetación para facilitar la identificación de las coberturas forestales.

2.1.4 Análisis espacial de imágenes

El análisis geoespacial geográfico consistió en el proceso de interpretación, exploración y modelización de datos SIG, desde su descarga hasta la obtención del resultado. Se utilizó el software QGIS 3.28 y los plugins Semi-Automatic Classification, SAGA GIS 7.8.2 y GRASS GIS 7.8.7. Este proceso incluyó correcciones radiométricas y geométricas, realce de la imagen y análisis de índices de vegetación para facilitar la identificación de las coberturas forestales.

3.2.5. Clasificación supervisada

Esta fase consistió en crear bandas artificiales, con la ayuda de los SIG, a partir de combinaciones entre las bandas originales, con el objeto de mejorar la discriminación de algunos aspectos temáticos dentro de la imagen. Se consideró el previo conocimiento de la zona, lo que permitió interpretar y delimitar sobre la imagen las áreas piloto que se consideraron suficientemente representativas de las categorías de unidades de paisaje de la cubierta forestal que incluyeron bosques, pastizales, cultivos, áreas urbanas, etc.

3.2.6. Definición de zonificación forestal

Para la realización de la zonificación forestal, se consideró la cobertura forestal como base, se utilizó un enfoque basado en sistemas de información

geográfica (SIG) y análisis espacial considerando que la zonificación forestal en una cuenca hidrográfica es un enfoque técnico que implica la división del territorio en diferentes zonas o áreas con el propósito de gestionar de mejor manera los recursos forestales e hídricos y ordenar el territorio. Esta zonificación se basó en la evaluación de múltiples factores, como la topografía, la vegetación y las características hidrológicas de la cuenca.

Un componente fundamental para la definición de zonificación forestal fue la consideración de la sabiduría local. Los campesinos, con su conocimiento ancestral arraigado en la tierra y sus tradiciones, poseen una perspectiva única sobre el uso, manejo y administración de los recursos naturales. Sus prácticas centenarias han demostrado ser respetuosas con la biodiversidad y han mantenido la vitalidad de los ecosistemas. Por lo tanto, al incorporar el criterio del campesino en el proceso de zonificación, se enriquece la toma de decisiones y se fomenta la colaboración entre la ciencia y la tradición. En última instancia, la zonificación forestal se erige como un instrumento esencial para armonizar los objetivos de conservación, desarrollo y bienestar de manera equitativa y eficaz.

3.2.7. Producción de mapas temáticos

Con los resultados de la clasificación se generaron mapas temáticos que representan la distribución de las diferentes categorías de cubierta forestal de la cuenca hidrográfica investigada. A su vez el conjunto de mapa contiene mapas detallados de las características de los bosques y otros recursos naturales incluyen diferentes categorías de zonificación. Para su elaboración se contó con datos de campos y de imagen satelital que contienen múltiples bandas espectrales (imagen multiespectral) procesadas con las herramientas SIG. Para su producción se lo realizó en diferentes fases y etapas de procesamiento de la información como se lo evidencia en el anexo 1.

2. Resultados

2.1. Zonificación de la cuenca alta del río Jipijapa con las herramientas de los SIG

La zonificación de la cuenca alta del río Jipijapa realizada mediante el uso de información geoespacial y datos de campo a través de las herramientas de sistemas de información geográfica y la variable cobertura forestal, permitió obtener resultados integrales y detallados sobre la distribución y características de las diferentes zonas dentro de la cuenca. Los resultados de este proceso proporcionan información sobre la distribución de los recursos naturales, la biodiversidad y los ecosistemas en la cuenca alta del río Jipijapa. Estos

resultados pueden ser utilizados por los planificadores forestales, los gestores de recursos naturales y otros profesionales para tomar decisiones.

Dentro de la fase del geo proceso; el modelo de elevación digital (DEM) proporcionó información esencial sobre la hidrología, topografía y relieve del terreno, la imagen satelital RapidEye-4 brindó información espacial, espectral y temporal de la superficie terrestre y los archivos shapefile (SHP) proporcionaron información sobre la ubicación geográfica de las entidades estudiadas, su geometría (puntos, líneas o polígonos), así como atributos asociados a estas entidades.

4.1.1 Análisis altitudinal de la cuenca alta del río Jipijapa con un Modelo Digital de Elevaciones SRTM

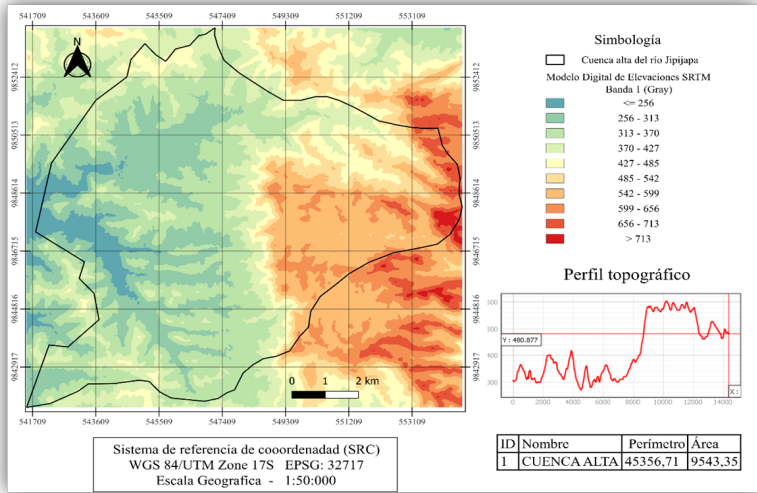
El análisis altitudinal de la cuenca alta del río Jipijapa con un Modelo Digital de Elevaciones SRTM ha sido una herramienta fundamental para comprender la topografía y la morfología del terreno en esta zona, los datos geográficos recopilados revelan una gama de altitudes, que van desde un mínimo de 256 hasta un máximo de 713 metros sobre el nivel del mar (msnm). Las áreas con altitudes más bajas, son aquellas que se encuentran cercanas al valor mínimo, corresponden a las depresiones del terreno. Estas zonas pueden estar asociadas con áreas de inundación temporal o permanentes, lo que es de gran importancia para la gestión adecuada de los recursos hídricos y la planificación territorial.

Por otro lado, las altitudes más elevadas o montañosas, representadas por valores cercanos al máximo de 713 msnm, indican la presencia de zonas montañosas y relieves de relevancia ecológica. Estas áreas son de gran valor para la conservación de la biodiversidad, albergando ecosistemas únicos y especies endémicas. Para visualizar y comprender mejor la distribución altitudinal de la cuenca, se emplea una escala de colores en la representación cartográfica (Figura 2). Los tonos más oscuros en el mapa indican altitudes más altas, lo que facilita la identificación de las zonas montañosas, mientras que los tonos más claros reflejan altitudes bajas, permitiendo visualizar las áreas más bajas y planas.

La información obtenida a través del Modelo Digital de Elevaciones SRTM es de gran utilidad para la toma de decisiones en proyectos de conservación ambiental, y manejo de recursos naturales en la cuenca alta del río Jipijapa y sus alrededores.

Figura 2.

Análisis altitudinal de la cuenca alta del río Jipijapa con un Modelo Digital de Elevaciones SRTM.

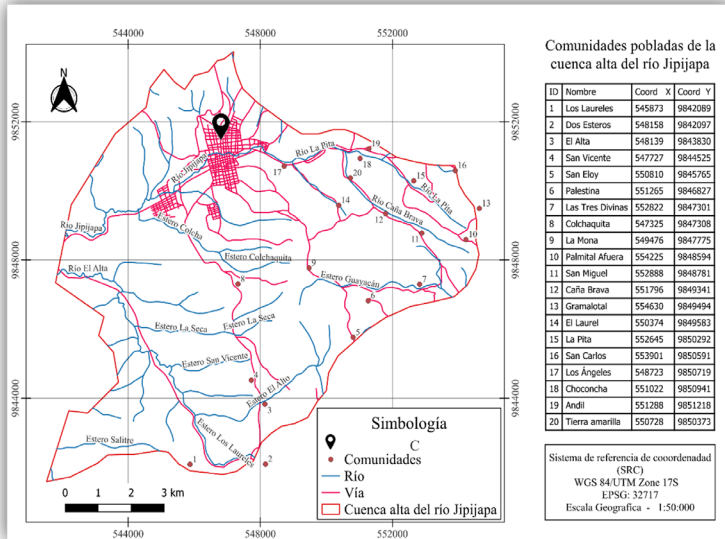


4.1.2. Distribución de la hidrografía, vías, asentamientos de las comunidades y centros poblados de la cuenca alta del río Jipijapa

Se identificaron varios atributos como hidrografía, vías, asentamientos de las comunidades y principalmente los recintos que se encuentran al interior de la zona investigada (Figura 3), cabe destacar que la ciudad de Jipijapa se encuentra dentro del área de estudio, representada por el icono de localización, los puntos rojos representan las principales asentamientos humanos o recintos, las líneas rojas las vías, las líneas azules los ríos y el polígono en línea roja representa el perímetro de la cuenca alta del río Jipijapa.

Figura 3.

Distribución de la hidrografía, vías, asentamientos de las comunidades y centros poblados de la cuenca alta del río Jipijapa

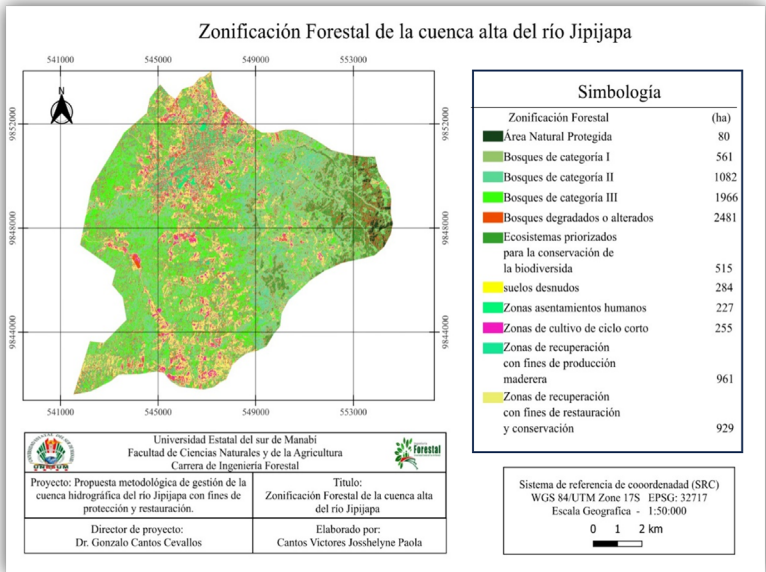


4.1.3. Definición de la Zonificación forestal de la cuenca alta del río Jipijapa

Luego del geo procesamiento de las imágenes satelitales con técnicas de segmentación y clasificación para identificar y etiquetar las áreas de cobertura forestal y la interpolación de los datos de campo teniendo como base la variable cubierta forestal, se obtuvo el mapa temático de zonificación forestal (Figura 4) el cual muestra los diferentes niveles de clasificación, se asignaron las diferentes zonas como la protección y conservación de los recursos naturales, la producción sostenible, la recuperación y restauración de áreas degradadas, el establecimiento de asentamientos humanos y la asignación de áreas para cultivos de ciclo corto, se consideró el criterio del campesino obtenido en las entrevistas y dialogo directos donde manifiesta el tipo de manejo que ha venido aplicando a sus terrenos.

Figura 4.

Zonificación forestal de la cuenca alta del río Jipijapa.



4.1.4. Categorías de zonas forestales determinadas en la cuenca alta del río Jipijapa

A continuación, en la Tabla 2 se detallan las categorías de zonas forestales, se aplica una nomenclatura que facilita su identificación y se adiciona el área que ocupa cada zona en relación al área total de la cuenca alta del río Jipijapa. La zonificación forestal ayudo a determinar aspectos ecológicos, la clasificación de tipos de bosque, la cobertura de vegetación, las condiciones de fragilidad relativa de los ecosistemas, la distribución de la biodiversidad forestal y su estado de conservación.

Tabla 2.

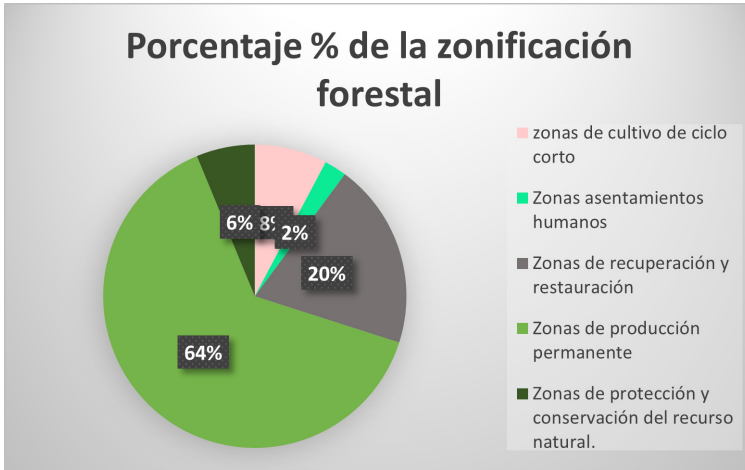
Categorías de zonas forestales determinadas de la cuenca alta del río Jipijapa.

Zonificación Forestal			Superficies (ha)
ID	Categorías		
1	(ZPCRN)	Zonas de protección y conservación del recurso natural	595
2	(ZPP)	Zonas de producción permanente	6 090
3	(ZRR)	Zonas de recuperación y restauración	1 890
4	(ZAH)	Zonas asentamientos humanos	227
5	(ZCCC)	Zonas de cultivo de ciclo corto	739
Total			9 541

La figura 5 muestra en porcentaje la zonificación forestal de la cuenca alta del río Jipijapa, implica la división del territorio en diferentes zonas según su uso. La figura grafica está dividida en cinco secciones con diferentes tonalidades de colores y porcentajes. La sección más grande; verde oliva, representa el 64% de la zonificación forestal, esta sección comprende la “Zona de producción permanente”. La segunda sección es gris y representa el 20% de la zonificación forestal, esta sección comprende a la “Zonas de recuperación y restauración”. La tercera sección es color rosa y representa el 8% de la zonificación forestal, esta sección comprende la “Zonas de cultivo ciclo corto”. La cuarta sección es verde oscuro y representa el 6% de la zonificación forestal, esta sección comprende la “Zona de protección y conservación del recurso natural”. La sección más pequeña es verde claro y representa el 2% de la zonificación forestal, esta sección comprende a la “Zonas de asentamientos humanos”.

Figura 5.

Representación en porcentaje de la zonificación forestal.



2.2. Mapas temáticos de zonificación forestales con diferentes categorías de zonificación

Basándose en los resultados obtenidos de la definición de la zonificación forestal, se utilizaron técnicas de segmentación y clasificación con enfoque de análisis multicriterio de imágenes para identificar y etiquetar las áreas de cobertura forestal en base un proceso integral con las herramientas SIG, se ordenaron y categorizaron las áreas forestales de acuerdo con criterios que abarcan la conservación, protección, asentamientos humanos, producción y recuperación de los recursos forestales. Los mapas temáticos se diseñaron para que muestren cinco zonas con diferentes categorías de zonificación. Se describe para cada mapa un criterio técnico que explica la característica de la zona definida, los beneficios esperados para las comunidades y la ordenación del territorio. Se describen en su orden de acuerdo al área que ocupa son:

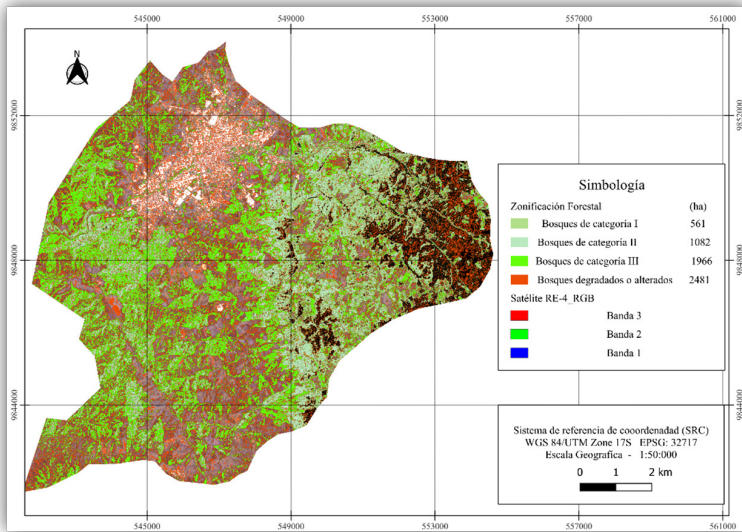
- La primera categoría es la Zona de producción permanente
- La segunda categoría es la Zona de recuperación y restauración
- La tercera categoría es la Zona de cultivo ciclo corto
- La cuarta categoría es la Zona de protección y conservación del recurso natural,
- La quinta y última categoría es la Zona de asentamientos humanos

4.2.1 Zonas de producción permanente

Esta zona está destinada a la producción sostenible de recursos forestales a largo plazo (Figura 6). Existen áreas reforestada con especies locales principalmente la *Tripsacum laxum* (caña brava), *Nectandra sp.* (Jigua), *Ziziphus thyrsoiflora* (Ébano), *Nectandra acutifolia* (Jigua amarilla), *Cordia alliodora* (Laurel blanco), *Ficus insípida* (Higueron), *Ficus pertusa* (Mata palo). Se permiten actividades como la explotación forestal controlada y planificada, asegurando que se realice de manera sostenible, considerando la capacidad de regeneración de los bosques y la conservación de la biodiversidad. Esta área está representada en 6 090 hectáreas, lo que representa el 63,8% del total de la zonificación forestal.

Figura 6.

Zonas de producción permanente.

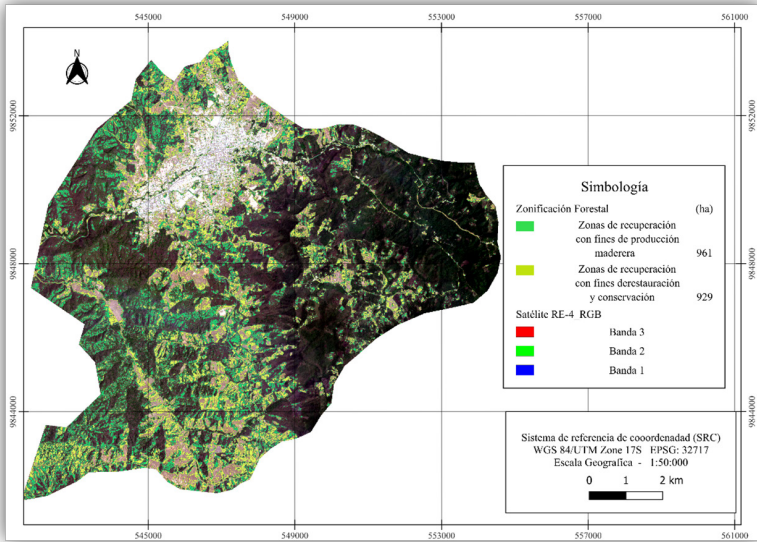


4.2.2 Zonas de recuperación y restauración

Esta zona se ha identificado para la recuperación y restauración de áreas degradadas o deforestadas en la cuenca hidrográfica (figura 7). Aquí se deben de implementar acciones de reforestación, restauración de ecosistemas y recuperación de la cobertura forestal para mejorar la salud y la función de los ecosistemas, está distribuido en varias áreas a lo largo de la cuenca alta a manera de fragmentación del bosque. Posee una extensión de 1 890 hectáreas, lo que representa el 19,8% del total de la zonificación forestal.

Figura 7.

Zonas de recuperación y restauración.

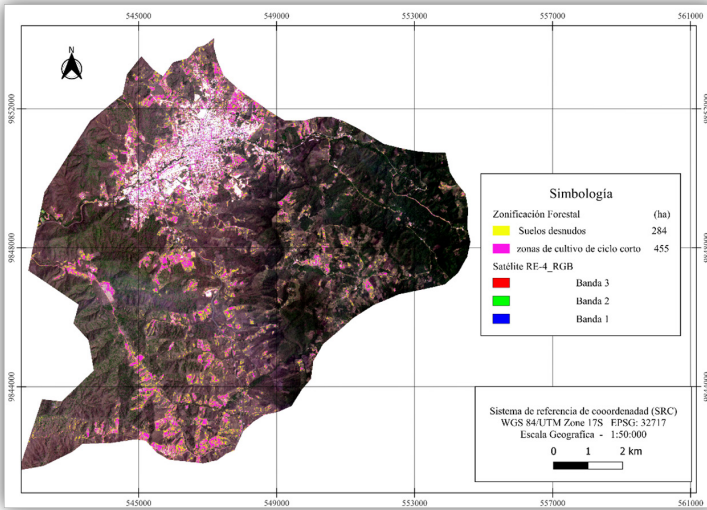


4.2.4. Zonas de cultivo de ciclo corto

Esta zona está destinada para el cultivo de productos agrícolas de ciclo corto, como cultivos de subsistencia o cultivos comerciales que no interfieran significativamente con la cobertura forestal ya que ancestralmente han venido siendo ocupada para este propósito (Figura 8). Es importante continuar manejando estas zonas de manera adecuada para evitar la deforestación y minimizar el impacto ambiental. Posee una extensión de 739 hectáreas, lo que representa el 7,7% del total de la zonificación forestal.

Figura 8.

Zonas de cultivo de ciclo corto

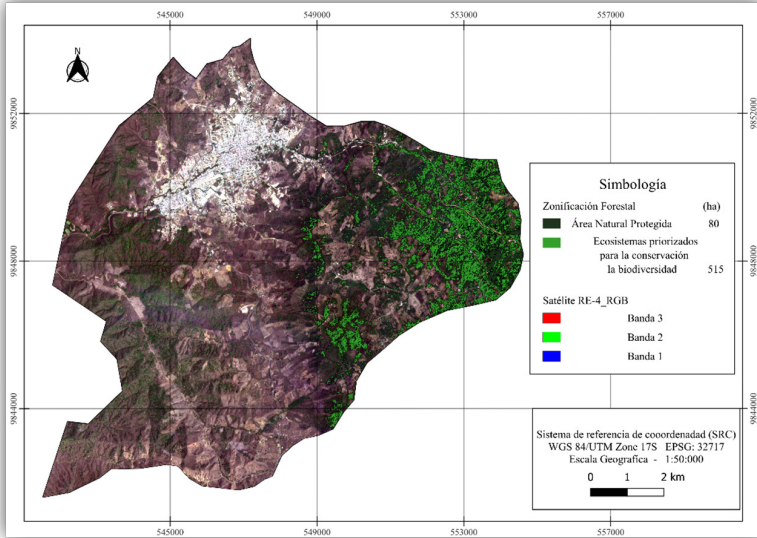


4.2.4. Zonas de protección y conservación del recurso natural

Esta zona (Figura 9) está destinada por la comunidad para preservar y proteger los recursos forestales y naturales de la cuenca hidrográfica como la flora y la fauna, los suelos, las cuencas hidrográficas y principalmente las vertientes de agua que son las fuentes de abastecimiento del líquido para consumo humano. Esta zona tiene 595 hectáreas lo que representa el 6,2% del total de la zonificación forestal. Deben de implementarse medidas de conservación, como restringir a la explotación forestal o la limitación de actividades humanas que puedan causar impacto ambiental.

Figura 9.

Zonas de protección y conservación del recurso natural

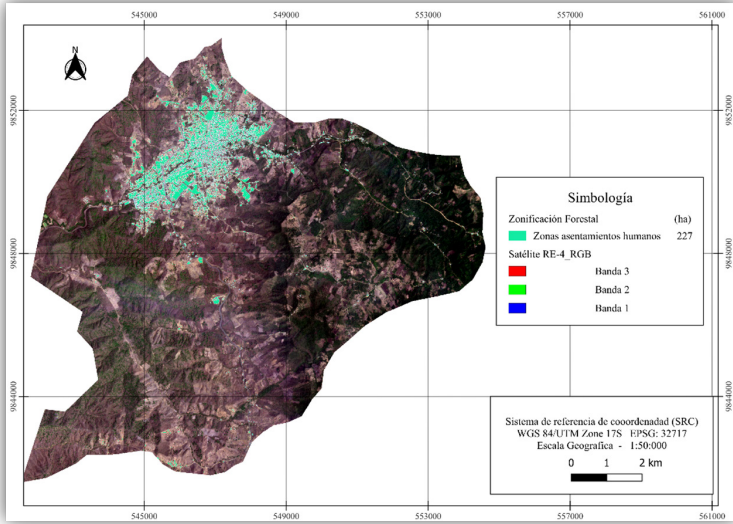


4.2.5 Zonas asentamientos humanos

Esta zona (Figura 10) está ocupada por el establecimiento de asentamientos humanos, como comunidades locales o recintos y la misma ciudad de Jipijapa, los recintos que se encuentran distribuidos en el área de estudio principalmente en la parte alta de la cuenca dependen, en gran medida, de los recursos forestales para su subsistencia. Aquí se deben aplicar medidas adecuadas para garantizar el uso razonable de los recursos y la conservación de los ecosistemas. posee una extensión de 227 hectáreas, lo que representa el 2,4% del total de la zonificación forestal.

Figura 10.

Zonas asentamientos humanos.



3. Discusión

3.1. Zonificación de la cuenca alta del río Jipijapa utilizando las herramientas de los sistemas de información geográfica con información geoespacial y datos de campo

En el campo de la zonificación forestal, se han llevado a cabo diversas investigaciones que comparten un enfoque metodológico similar al presente estudio. Por ejemplo, la tesis de Rodríguez (2018) titulada “Zonificación Forestal y Conservación de Bosques en la Reserva Nacional Tambopata, Perú” y la investigación de Gómez *et al.* (2019) denominada “Zonificación Forestal y Planificación del Uso de la Tierra en una Región de Bosques Tropicales: Caso de Estudio en la Amazonía Brasileña”.

En términos de metodología, tanto la tesis de Rodríguez (2018) como la investigación de Gómez *et al.* (2019) utilizaron herramientas de sistemas de información geográfica (SIG) y técnicas de clasificación para llevar a cabo la zonificación forestal en áreas de importancia ecológica. Al igual que en nuestro estudio, se basaron en datos geoespaciales y realizaron trabajos de campo para validar los resultados obtenidos. Además, se generaron mapas de zonificación forestal que permitieron visualizar las diferentes categorías de uso y manejo del bosque.

Si bien estas investigaciones se centraron en diferentes áreas geográficas, comparten la misma intención de contribuir a la conservación y gestión razonable de los recursos forestales. A través de la zonificación forestal, se busca identificar áreas de producción permanente, zonas de protección y conservación, y áreas de recuperación y tratamiento especial. Esto demuestra una concordancia en términos de objetivos y resultados esperados.

No obstante, es importante destacar que cada estudio se enfocó en contextos y problemáticas específicas, lo cual influyó en la selección de las variables y criterios utilizados en la zonificación forestal. Por lo tanto, aunque las metodologías sean similares, los resultados y conclusiones pueden variar según las características particulares de cada área de estudio.

En resumen, la tesis de Rodríguez (2018), la investigación de Gómez *et al.* (2019) y nuestro estudio comparten un enfoque metodológico similar en cuanto a la utilización de herramientas de SIG, técnicas de clasificación y generación de mapas de zonificación forestal. Estas investigaciones contribuyen de manera complementaria al conocimiento científico en el campo de la zonificación forestal, aportando información relevante para la conservación y gestión sostenible de los recursos forestales en diferentes contextos geográficos.

3.2. Mapas forestales de la cuenca alta del río Jipijapa con diferentes categorías de zonificación

El presente estudio, muestra una serie de mapas con resultados de la zonificación, se muestran las diferentes categorías de zonificación identificadas en la cuenca representadas mediante mapas temáticos. Estos mapas incluyen capas de información geoespacial que muestran las áreas de protección y conservación de los recursos naturales, la producción permanente, la recuperación y restauración de áreas degradadas, el establecimiento de asentamientos humanos y la asignación de áreas para cultivos de ciclo corto.

Es así que el estudio planteado por Choto (2013), sobre la Zonificación de la Unidad hidrográfica del río Pachanlica, en cinco Parroquias pertenecientes a la Mancomunidad del Frente Sur Occidental en la Provincia de Tungurahua, busca mejorar la calidad de vida de la población rural y el uso sustentable de los recursos forestales, para la elaboración de la zonificación, utilizó una herramienta SIG, que para el caso fue el Software de Arcgis 10.1 con el cual se realizaron los modelamientos cartográficos con los que se delimitaron cada una de las unidades zonificadas, como resultado obtuvo áreas disponibles para implementar programas con vocación forestal de protección y conservación con especies nativas, obteniendo una superficie de 216 659 m² que

representa el 20,54 % de la superficie total, concluye diciendo que se ha generado una metodología que permite zonificar áreas para la reforestación con especies nativas de las riberas de los ríos, socializando información de esta investigación a comunidades, GADs municipales, parroquiales e instituciones involucradas en la conservación y protección de las unidades hídricas.

4. Conclusiones

La zonificación forestal realizada en la cuenca alta del río Jipijapa, con el uso de las herramientas de los sistemas de información geográfica, es un resultado fundamental que proporciona una base científica y técnica para ordenación del territorio y un manejo y uso adecuado de los recursos forestales. Este resultado permitirá implementar medidas de conservación, manejo y planificación forestal, contribuyendo a la protección de los ecosistemas y la biodiversidad en la cuenca.

La realización de mapas forestales de la cuenca alta del río Jipijapa emerge como un logro significativo de este estudio. Mediante diversas categorías de zonificación, se logró una representación visual y de distribución espacial de los recursos forestales de la cuenca estudiada.

5. Recomendaciones

Continuar actualizando y monitoreando la zonificación forestal de la cuenca alta del río Jipijapa utilizando herramientas de los sistemas de información geográfica. Dado que los ecosistemas y la cobertura forestal son dinámicos, es importante mantener actualizada la información geoespacial y los datos de campo para garantizar la precisión y relevancia de la zonificación en el tiempo.

Ampliar la colaboración y coordinación entre diferentes actores involucrados en la gestión forestal de la cuenca. Promover la participación de entidades gubernamentales, organizaciones no gubernamentales, comunidades locales y otros actores relevantes para asegurar una gestión integral y participativa de los recursos forestales en la cuenca.

Instar a las comunidades involucradas a adoptar prácticas de manejo y uso responsables de los recursos naturales. basado en un enfoque que reconozca la interconexión entre los ecosistemas forestales y los servicios hidrológicos que brinda la cuenca, para ello es necesario que las instituciones afines al manejo de los recursos naturales brinden orientaciones de educación y conciencia ambiental, reforestación y restauración, participación comunitaria y colaboración interinstitucional.

6. Referencias bibliográficas

- ACICORPORATION (16 de mayo de 2023). *Los importantes beneficios del sistema de cuencas hidrográficas*. ACICORPORATION. (<https://acicorporation.com/espanol/los-importantes-beneficios-del-sistema-de-cuencas-hidrograficas/>)
- Botelho, Rosangela Garrido Machado, e Antonio Soares Silva. 2014. “Bacia hidrográfica e qualidade ambiental.” En Reflexões sobre a geografia física no Brasil, organizado por Antônio Carlos Vitte y Antônio José Teixeira Guerra, 153-192. Río de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Braz, Adalto Moreira. 2017. “Geotecnologias aplicadas na análise das implicações entre o uso, cobertura e manejo da terra e a qualidade das águas superficiais: bacias hidrográficas dos córregos Lajeado Amarelo e Ribeirãozinho, Três La goas/ms.” Tesis de Maestría en Geografía, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul, Brasil.
- CEPAL-SUBDERE. (2013). Guía análisis y zonificación de cuencas hidrográficas para el ordenamiento territorial Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. ISBN: 978-956-8468-42-2. Primera Edición, junio 2013
- CONAFOR (2 de junio de 2023). Zonificación Forestal. Centro Geo. <https://idegeo.centrogeo.org.mx/mviewer/zf>
- Coral. (2016). Zonificación en cuencas hidrográficas para la implementación de políticas de incentivos a la conservación y restauración de ecosistemas. Caso Cuenca Hidrográfica del Río Buena Vista, Entorno Geográfico. Brasil. Ecuador <https://entornogeografico.univalle.edu.co/index.php/entornogeografico/article/view/3544/5472>
- Choto Costales, I. E. (2013). Zonificación forestal de la unidad hidrográfica del río Pachanlica en cinco parroquias pertenecientes a la Mancomunidad del Frente Sur Occidental en la provincia de Tungurahua (Tesis de licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal, Riobamba, Ecuador. <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/2994>
- FAO (26 de junio de 2023) *Conjunto de Herramientas para la Gestión Forestal Sostenible (GFS)*. FAO. Información básica | Conjunto de herramientas GFS | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (fao.org)

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2020). Principios y criterios para la gestión forestal sostenible. FAO. <http://www.fao.org/3/a-i7798s.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2018). Principios y criterios para la gestión forestal sostenible. FAO. <http://www.fao.org/3/a-i7798s.pdf>
- FAO. (2005). Zonificación de áreas protegidas y conservación de la biodiversidad en cuencas hidrográficas. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Fonseca, F. C., Santos, J. R., & Soares, C. P. (2018). Using very high-resolution satellite imagery for forest mapping and inventory in large-scale silvicultural applications. *Forests*, 9(7), 421.
- Gómez, J., López, M., & Torres, R. (2019). Zonificación Forestal y Planificación del Uso de la Tierra en una Región de Bosques Tropicales: Caso de Estudio en la Amazonía Brasileña. *Revista de Gestión Ambiental*, 35(2), 78-95.
- GREENFACTS. (12 de mayo 2023). *Evolución y gestión de la desertificación y la degradación de la tierra*. www.greenfacts.org › 6-prevencion-sostenibilidad. <https://www.greenfacts.org/es/desertificacion-degradacion-tierra/index.htmhttps://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/issue/archive>
- Jina, A., Ouma, Y. O., & Ward, P. S. (2019). Environmental governance promotes cooperation among different actors, including governments, non-governmental organizations, academic institutions and local communities, to work together in the management of forest resources through monitoring and control, transparency and accountability. *Journal of Environmental Management*.
- Krott, M., & Pérez-Salicrup, D. (2012). Zonificación forestal y áreas protegidas: el caso del ejido San Nicolás Totolapan, Ciudad de México. *Investigaciones Geográficas*, (78), 95-109.
- Liu, Y., Guo, H., Zhang, Z. (2015). Un método de optimización basado en el análisis de escenarios para la gestión de cuencas bajo incertidumbre. *Gestión Ambiental* 39 , 678–690 (2007). <https://doi.org/10.1007/s00267-006-0029-9>

- Maldonado, J. H., & Moreno-Sánchez, R. del P. (2023, June). Servicios ecosistémicos y biodiversidad en América Latina y el Caribe. Políticas para la respuesta al cambio climático y la preservación de la biodiversidad, Caracas: CAF-Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe. Retrieved from <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2051>
- Melo, R., & Camacho, D. (2005). Técnicas de interpretación visual en el análisis de imágenes satelitales. *Revista de Geografía Norte Grande*, (34), 97-111.
- Minang, P. A., van Noordwijk, M., Duguma, L. A., Alemagi, D., Do, T. H., Bernard, F., Agung, P., Catacutan, D., & Dewi, S. (2016). Climate-smart landscapes: Opportunities and challenges for integrating adaptation and mitigation in tropical agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 22, 72-81.
- Ministerio del ambiente (2013). Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas. Dirección de gestión integral de recurso hídrico. Bogotá D.C. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/col130738anx.pdf>
- Moreira, B. A., Mirandola Garcia, P. H., Pinto, A. L., Salinas Chávez, E., & de Oliveira, I. J. (2020). Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 29(1), 69-85. doi: 10.15446/rcdg.v29n1.76232.
- Olofsson, P., Foody, G. M., Stehman, S. V., Woodcock, C. E., & Sulla-Menashe, D. (2014). Making better use of accuracy data in land change studies: Estimating accuracy and area and quantifying uncertainty using stratified estimation. *Remote Sensing of Environment*, 148, 82-91.
- Reyes Cárdenas, O., Flores Garnica, J. G., Treviño Garza, E. J., Aguirre Calderón, O. A., & Cárdenas Tristán, A. (2019). Zonificación forestal bajo el concepto de Áreas de Respuesta Homogénea en el centro de México. *Investigaciones Geográficas • tuto de Geografía • UNAM*, (98). doi.org/10.14350/rig.59698 Zonificación forestal bajo el concepto de Áreas de Respuesta Homogénea en el centro de México | Investigaciones Geográficas (unam.mx)
- Reyes, J. (2018). Zonificación forestal y manejo sostenible de cuencas hidrográficas. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 15(35), 87-96. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/issue/archive>

- Rodríguez, A. (2018). Zonificación Forestal y Conservación de Bosques en la Reserva Nacional Tambopata, Perú. (Tesis de maestría no publicada). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Roset, S., & Puigdefábregas, J. (2018). Slope stability maps derived from LiDAR data for managing forest operations. *Forests*, 9(11), 695.
- Scolforo, J. R., & Machado, S. A. (2018). Zonificación forestal y planificación espacial: un modelo basado en datos espaciales y multicriterio para el estado de Minas Gerais, Brasil. *Bosque*, 39(1), 1-13.
- Sierra, R. (2013). Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. Y un acercamiento a los próximos 10 años. Quito: Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends.
- SNIGF. (22 de mayo de 2023). Zonificación Forestal. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://old-snigf.cnf.gob.mx/zonificacion-forestal/>
- Tomppo, E., Gschwantner, T., Lawrence, M., McRoberts, R. E., & Gabler, K. (2010). A comparison of sampling designs for estimating forest area and timber volume. *Forest Science*.
- UNAM. (2022). Zonificación forestal bajo el concepto de Áreas de Respuesta. UNAM. <http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/59698>
- United Nations Forum on Forests (UNFF). (2018). Forests and Sustainable Development: The Role of Forests in Achieving the Sustainable Development Goals. UNFF. <https://www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2019/04/2018-forests-and-sustainable-development.pdf>.
- United Nations Forum on Forests (UNFF). (2018). Terminology and Definitions for the Conservation and Sustainable Use of Forests and Other Wooded Land. https://www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2019/01/UNFF14_E_Terminology_and_Definitions.pdf
- Vierling, L. A., Vierling, K. T., Gould, W. A., Martinuzzi, S., & Clawges, R. M. (2008). Lidar: shedding new light on habitat characterization and modeling. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(2), 90-98.
- Wu, J., Huang, J., Zhang, L., & Zhang, Y. (2019). Forest zoning based on ecological suitability evaluation and spatial optimization in a mountainous region of southwest China. *Forests*, 10(7), 562.

7. Anexos

Anexo 1. Diferentes momentos de trabajo en el desarrollo de la investigación



Imagen 1 y 2; Levantamiento de información en el territorio y reconocimiento de la cobertura forestal de la Cuenca alta



Imagen 2 y 3; Dialogo con la comunidad para conocer el estado actual de la cuenca hidrográfica

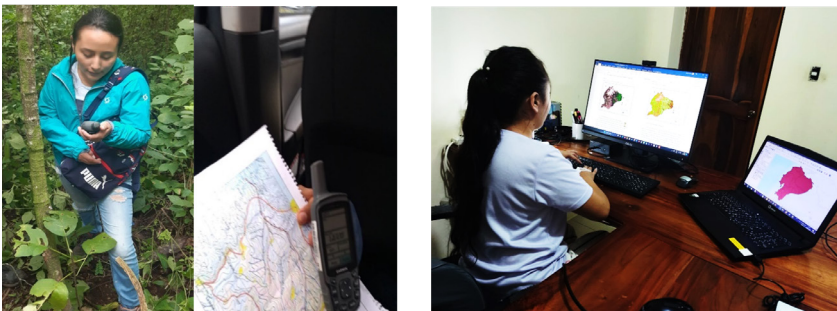


Imagen 5 y 6; Validación de datos geográficos en el campo y geo procesamiento de información en oficina.

Anexo 2

Comunidades del área de la cuenca alta del río Jipijapa.

Subcuenca	Comunidad	Coordenadas (X)	Coordenadas (Y)	msnm
Río La Pita	Maldonado	553942	9851555	632
	La Pita	552648	9850214	422
	Andíl	551224	9849162	360
	Dadal	549860	9850229	340
	La Unión	550992	9851416	350
Río Caña Brava	Gramanotal	554514	9849474	680
	Palmital Af.	554332	9848516	640
	San Carlos	553872	9850729	620
	Caña Brava	552239	9849162	480
	San Miguel	552815	9847191	497
	Choconcha	551057	9850919	350
Estero El Laurel	La Mona	549407	9847340	548
	El Laurel	550364	9849604	408
	Colchaquita	549621	9847729	660
	Tierra Amarilla	550756	9850256	380
	Los Ángeles	548824	9850729	300

EVALUACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

para una gestión sostenible

Capítulo 4

Evaluación espacio temporal de la
cobertura vegetal en la cuenca alta
del río Jipijapa

AUTORES: Gonzalo Cantos Cevallos, Robert González Paredes, Mauro Caicedo Álvarez



Resumen

El uso de los Sistemas de información geográfica se ha convertido en una herramienta indispensable a la hora de tomar decisiones en cuanto al manejo de cubiertas vegetales, el presente trabajo tiene como propósito de evaluar los cambios de cobertura vegetal de la cuenca alta del río jipijapa, a partir del uso de la teledetección. Se plantea una metodología geoprocesamiento de análisis en los cambios de cobertura vegetal durante 22 años en la parte alta de la cuenca hidrográfica del río jipijapa, a partir de imágenes satelitales, los mismos mostraron un alto rango de reducción, incitada por factor antrópico mismos que ha influido directa e indirectamente en la flora y fauna. La delimitación del área de estudio a partir de un DEM (Modelo De Elevación Digital) se usó el método de Otto Pfafstetter, con la codificación jerárquica y el método de Strahler para ordenar de acuerdo al mayor flujo de acumulación, donde el primer tributario (orden 1) limita lo largo del perímetro de la cabecera de cuenca. El mapeo de actores ayudo a determinar las condiciones sociales, ambientales y culturales para comprender los aspectos de interrelación hombre naturaleza y su desenvolvimiento en las comunidades. Con el cálculo del NDVI (Índice Normalizado de Diferencias de Vegetación) se determinó la degradación y el estado de la composición vegetal en el periodo estudiado, como resultado se obtiene la comparación a las capturas de la imagen satelital, L7 EL 20 de septiembre del 2000, el NDVI es de 0,57 con 54.576 (has) y en L8 el 09 de septiembre del 2022, que el NDVI es de 0,36 con 34.614 (has) teniendo una perdida 19.962 (has), de cobertura densa reconocida como zonas de bosque primario.

Palabras clave: Cobertura vegetal; Geoprocesamiento; Landsat; NDVI; Teledetección.

Abstract

The use of geographic information systems has become an indispensable tool when making decisions regarding the management of vegetation cover. The purpose of this work is to evaluate the changes in vegetation cover in the upper Jipijapa river basin, based on the use of remote sensing. A geoprocessing methodology is proposed for the analysis of vegetation cover changes during 22 years in the upper part of the Jipijapa river basin, based on satellite images, which showed a high range of reduction, caused by anthropogenic factors that have directly and indirectly influenced the flora and fauna. The delimitation of the study area from a DEM (Digital Elevation Model) used Otto Pfafstetter's method, with hierarchical coding and Strahler's method to order

according to the highest accumulation flow, where the first tributary (order 1) limits along the perimeter of the watershed headwaters. The mapping of actors helped to determine the social, environmental and cultural conditions to understand the aspects of the man-nature interrelationship and its development in the communities. With the calculation of the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), the degradation and the state of the vegetation composition in the studied period was determined, as a result, a comparison was obtained with the captures of the satellite image, L7 on September 20, 2000, the NDVI is 0.57 with 54,576 (has) and in L8 on September 9, 2022, the NDVI is 0.36 with 34,614 (has) having a loss of 19,962 (has) of dense cover recognized as primary forest zones.

Keywords: Land cover; Geoprocessing; Landsat; NDVI; Remote sensing.

Introducción

Los avances en la difusión espaciotemporal de la innovación, las denominadas tecnologías de geoingeniería, especialmente las provenientes de los campos de la electrónica, la informática y las telecomunicaciones (Manual Fuenzalida et al., 2015).

La reflectividad de las superficies terrestres, Mauricio Labrador García et al., (2012) la define como la fracción de energía incidente reflejada por la superficie. El cambio de uso de suelo afecta el paisaje de la cuenca. Los cambios causados por las actividades humanas afectan sus recursos naturales. Se pueden identificar para la mitigación futura mediante el monitoreo de la cobertura del suelo (Pérez Ortega et al., 2018). El cambio de cobertura verde, cuando se analiza el desarrollo o urbanización de la ciudad, se puede observar que la variación del área en diferentes épocas y los impactos que provoca, no solo en la forma de ciudades o la ubicación de los asentamientos, sino también en la vegetación afectada, porque se han ocupado algunos llanos y el terreno es edificable (Javier Alvarez del Castillo y Gustavo Adolfo Agredo Cardona, 2013).

En algunas regiones semiáridas, la agricultura tradicional está siendo reemplazada por otra agricultura, más rentable, pero menos adaptada a las condiciones ambientales. Con el tiempo, estos patrones heterogéneos de identidad se rompen, lo que genera degradación ambiental y problemas socioeconómicos debido a su insostenibilidad (Javier Martínez Vega et al., 2010).

El objetivo de este trabajo fue identificar cambios en la cobertura vegetal de la cuenca alta del Jipijapa a partir del uso de tecnologías de geoprosamiento donde se conoce el porcentaje de impacto de la degradación del

agua, utilizando índices de vegetación para calcular el espectro de banda de 7 y 8 imágenes satelitales. procesado en QGIS 3.22.2, para el periodo 2000 a 2022.Objetivos.

Objetivo general

Evaluar los cambios de cobertura vegetal de la cuenca alta del río jipijapa, a partir del uso de los sistemas de información geográfica.

Objetivo específicos

- Delimitar la cuenca alta del río Jipijapa a partir de un D.E.M (modelo de elevación digital).
- Aplicar el método de Mapeo de Actores (MAC) para la determinación el estado actual de la cobertura vegetal del área de estudio.
- Calcular el NDVI (Índice Normalizado de Diferencias de Vegetación) para el análisis de los efectos de degradación de la cubierta vegetal de los periodos 2000 a 2022.

Objeto de Estudio y Campo de Acción

Objeto de estudio

Cambios de la cobertura vegetal de la cuenca alta del río Jipijapa.

Campo de Acción

Cambio de la cobertura vegetal de la cuenca alta del río Jipijapa determinados a partir de imágenes satelitales.

Pregunta(s) de Investigación

¿Cuáles son los cambios en la cobertura vegetal que se han generado en la cuenca alta del río Jipijapa, en un periodo de 22 años?

Alcance de la Investigación

El alcance de la presente investigación es descriptivo.

Hipótesis de Investigación

La evaluación de cobertura vegetal de la cuenca alta del río Jipijapa, en un periodo de 22 años, permitirá determinar la alteración y la reducción de la composición vegetal.

Marco Referencial

Sistemas de información geográfica (SIG)

Un SIG permite la lectura, edición, almacenar y administrar datos espaciales, desde consultas simples hasta la creación de modelos complejos (Luis Humacata, 2020a).

Por definición, procesar y reportar datos geográficos y apoyar la toma de decisiones sobre cuestiones territoriales el análisis SIG le permite administrar de manera efectiva la teledetección (Carlos Pinilla, 2020).

Los SIG y la hidrología son dos áreas de trabajo que tienen mucho en común, se utilizan para construir modelos hidrológicos cuando se trata de la descripción espacial de la red de drenaje. (Portuguez M., 2015).

Teledetección

La teledetección se basa en la radiación electromagnética reflejada o emitida por varios objetos y recolectada por el sensor, que luego se procesa digitalmente y se convierte en una imagen similar a una fotografía (Luis Humacata, 2020b).

Los sensores pueden emitir su propia energía (sensores activos) o captar la radiación solar emitida por los objetos (sensores pasivos), ambos preprocesados se obtiene una imagen con mayor precisión (M. Pilar Gracia Rodríguez, 2012).

Las imágenes satelitales se obtienen a través de plataformas aéreas, helicópteros o vehículos aéreos no tripulados) (Muricio Labrador García et al., 2012).

Se caracterizan por la implementación simultanea de los siguientes procesos:

- Emite radiación electromagnética de una fuente natural o artificial.
- Interacción de la radiación con la superficie de visualización.
- Transmisión de la tierra, a su almacenamiento y distribución de datos georreferenciados.

Componentes de los S.I.G.

Una forma de entender los SIG es que consta de muchos subsistemas, cada uno es responsable de ejercer funciones específicas (Olaya, 2014). En general, hay tres subsistemas principales: la subsistencia de datos; subsistencia de visualización y creación cartográfica.

Resolución **espacial**

Consiste en el objeto más pequeño de la imagen, formado por píxeles, que es la unidad más pequeña que se puede identificar en la imagen. (Rodríguez & Arredondo, 2005).

Resolución **espectral**

Especifica el número y el ancho de las bandas espectrales que el sensor puede distinguir. Cuanto mayor sea esta resolución, más información se tiene sobre el comportamiento de una misma área de cobertura en diferentes bandas espectrales (Nino Frank, 2020).

Resolución **temporal**

En el caso de los sensores satelitales, también existe la resolución temporal, como lo menciona Mauricio Labrador García (2012) que es el tiempo que tardan en volver a la misma zona de la tierra.

El periodo de cobertura depende de las características orbitales de la plataforma (altura, velocidad, inclinación) (Trujillo-Jiménez et al., 2021), así como del diseño del sensor.

- Alta resolución: < 1 día - 3 días
- Media resolución: 4 - 16 días
- Baja resolución: > 16 días

Procesamiento digital de imágenes

Las tareas correspondientes al procesamiento digital de imágenes incluyen procedimientos destinados a procesar imágenes cuantitativas (matemáticas y estadísticas) para obtener información temática a partir de sus valores digitales (Luis Humacata, 2020b).

Imágenes satelitales

La variedad de plataformas disponibles para imágenes satelitales es inmensa. Al respecto Lira Chávez (2010) señala que: la mayoría están disponibles de forma gratuita y pública, también existen parámetros a la hora de buscarlas, dependiendo del sensor utilizado y la resolución requerida de la imagen espectral.

Por lo general, las más utilizadas son:

- “USGS Servicio Geológico de Estados Unidos”
- “Global Visualization Viewer”
- Global Land Cover Facility

Cada píxel tiene su posición en la imagen satelital y está definido por los ejes de coordenadas x, y, z (Máximo Alexander Juárez Amaya, 2018), ubicados de la siguiente forma:

X: columna de la matriz

Y: fila de la matriz

Z: Nivel digital (valor de escala gris).

La asignación de color más familiar para los usuarios es un color artificial normal (R=Red (rojo); G=Green (verde); B=Blue (azul)). La información que se obtiene de las distintas bandas de las imágenes satelitales Máximo Juárez Amaya (2018) lo define como de gran ayuda en diversos ámbitos tales como: los recursos forestales maderables y no maderables; el uso de suelo; y la captación de los cuerpos de agua.

Satélite landsat

El Programa Landsat es una serie de misiones satelitales de observación de la Tierra realizadas conjuntamente por la NASA y el Servicio Geológico de los Estados Unidos. En 1972, comenzó la era de una serie de satélites, desde entonces recopilando continuamente datos de teledetección sobre la Tierra desde el espacio. El satélite más nuevo de la serie es Landsat 8, Landsat Data Continuity Mission (LDCM), que se lanzó el 11 de febrero de 2013. Los datos recibidos por el satélite continúan ampliando el repositorio para usuarios de todo el mundo. Serie Landsat y año de lanzamiento (Mauricio Labrador García et al., 2012):

- Landsat 1: 23/07/1972 – 06/01/1978
- Landsat 2: 22/01/1975 – 25/01/1982
- Landsat 3: 05/03/1978 – 31/03/1983
- Landsat 4: 16/06/1982 – 14/12/1993
- Landsat 5: 07/03/1984 – 05/06/2013
- Landsat 6: 03/10/1993 - Lanzamiento fallido.

- Landsat 7: 1999 – 2003 - ETM
- Landsat 8: 2013 – (Kristi Sayler & Timothy Glynn, 2022).

Landsat 7 -ETM+

LANDSAT-7, lanzado el 15 de abril de 1999, proporciona una serie de imágenes del satélite que permite rastrear los principales cambios que han tenido lugar en la superficie de nuestro planeta (Mauricio Labrador García et al., 2012).

En cuanto a resolución espectral y radiativa Mauricio Labrador García (2012), hace mención al satélite Landsat 7, constan de la banda 8 pancromática, 6 multiespectrales y una térmica, mostrando su resolución radiativa de 8 bits.

Landsat 8 – **OLI**

Landsat 8 apoyada por dos instrumentos: Operational Land Imager (OLI) y Thermal Infrared Sensor (TIRS), OLI, siendo sensores de exploración con cuatro telescopios, recopilan la información en el visible, infrarrojo cercano y a todo color (Mauricio Labrador García et al., 2012).

Restauración de líneas o píxeles perdidos

La composición de imágenes con lleva a una corrección atmosférica. Al respecto Nino Frank (2020) señal que: ayuda a eliminar el efecto de dispersión de la radiación electromagnética provocada por gases o partículas suspendidas en la atmósfera, que de esta forma contribuyen más a la radiación. Uso de sensores OLI/TIRS.

Errores en la imagen **satelital**

Las imágenes satelitales descargadas aparecen con errores en el momento de la adquisición, como: Un sensor dañado es lo mismo representa a celda o píxel sin información, esto se llama corrección radiométrica (Máximo Alexander Juárez Amaya, 2018).

Cálculo de índices

Los índices proporcionan datos representativos de perspectiva temática aplicada al medio ambiente, se representan las distintas proporciones de edificación y vegetación en cada píxel, estas respuestas apuntan a explorar la información espectral de las imágenes con representación estadística (Luis Humacata, 2020b).

Índice Normalizado de diferencia de vegetación (NDVI)

NDVI (abreviado en inglés) es un índice utilizado para evaluar la cantidad, calidad y crecimiento de la vegetación basado en la medición Forero Bernal (2017) menciona que, al utilizar sensores de campos magnéticos distantes, a menudo instalados desde una plataforma espacial, de una determinada intensidad de emisión bandas del espectro electromagnético de radiación o reflexión de la vegetación.

Clasificación digital

La clasificación geoespacial basada en sensores remotos tiene como objetivo generar un patrón de clases o grupos de píxeles con características espectrales uniformes proporcionando métodos de clasificación de imágenes digitales (Luis Humacata, 2020b).

Cambios de cobertura vegetal

Es un estudio de variación territorial en las diferentes épocas afecta no solo la forma urbana del asentamiento, sino también la cobertura vegetal, el predio se ve afectado porque no hay suficiente terreno plano y apto para la construcción (Javier Álvarez del Castillo & Gustavo Adolfo Agredo Cardona, 2013).

Degradación vegetal

Son varios los factores que se pueden considerar la pérdida de vegetación, aunque algunos son resultado de las características del suelo y su evolución natural, otros son de origen humano. Javier Álvarez del Castillo (2013), hace énfasis en gran medida este hecho: en la falta de planificación para integrar los procesos políticos y administrativos, así como la ecología y las características ecológicas del territorio y actividades agrícolas y ganaderas en la ladera de la montaña.

Cuencas hidrográficas

Una cuenca hidrológica es un espacio territorial delimitado por la parte más alta de una montaña, en la que todos los ríos confluyen y discurren hacia un punto común, denominado punto de partida de la cuenca.

En estas áreas, existen la relación espaciales y temporales, entre el ambiente biofísico (suelo, ecosistemas acuáticos y terrestres, cultivos, agua, biodiversidad, geomorfología) y geología), el modo de distribución (tecnología y/o mercado) y las instituciones (Helena Cotler Ávalos, 2013).

El movimiento de agua, suelo, nutrientes y contaminantes de diferentes partes de la cuenca genera vínculos físicos entre poblaciones que se encuentran muy alejadas (Román, 2018).

Una cuenca hidrológica es un sistema abierto de procesos y reacciones, cuyo comportamiento incluye factores físicos y humanos, es muy dinámico, donde la actualización de la cobertura del suelo y el uso de mapas es muy importante, una variable muy sensible (Domingo M., 2015)

Cuenca alta: Suele corresponder a zonas montañosas o montañosas más altas, también se le conoce como cuenca receptora o generadora y determina la cantidad y calidad del agua que fluye hacia las cuencas media y baja (Washington et al., 2014).

La cuenca alta suele estar definida por zonas montañosas o cabeceras de cerros delimitados por cuencas hidrográficas (Juan Julio Ordoñez Gálvez, 2011).

Área de cuencas o arroyos adyacentes a cuencas o cuencas en la parte más alta de la cuenca: está formada por montañas y cerros (Helena Cotler Arévalo et al., 2013, p. 8).

Modelos de elevación digital

Un modelo de elevación digital (DEM) representa los valores de elevación sobre el nivel del mar, con DEM podemos crear diferentes capas de terreno para el análisis topográfico (Lidia Sánchez, 2020).

Delimitación de cuencas hidrográficas

La delimitación de cuencas se puede localizar en mapas de orientación de pendientes y mapas de redes de drenaje. Este método es sensible a la influencia de los mínimos y máximos locales, por lo que se debe filtrar el DEM antes de utilizar esta función (Jorge Fallas, 2007).

Delimitación de cabecera de cuenca

El método de codificación de Pfafstetter la asignación de códigos permite la determinación espacial y jerárquica de los arroyos, lo que ayuda a establecer un vínculo directo entre la cuenca y sus arroyos (Rosa Isabel Ruiz Río, 2021).

Rosa Isabel Ruiz Río, (2021) plantea que el método de Strahler para ordenar flujos, la intercepción de dos flujos con diferente orden no aumentará el orden de ninguno de los flujos.

El diseño de la red de vectores de agua final debe incluir un conjunto de fuentes de agua que estén correcta y consistentemente integradas en el orden jerárquico 1 de sus fuentes, y cuando se conecten a otras fuentes de agua del mismo orden, tendrán un orden jerárquico superior (2, 3, 4, etc). Línea inicial (orden 1) a lo largo del perímetro de la cuenca y en su interior los cuerpos de agua contienen de los órdenes (2, 3, 4 y 5); ingresan al Pacífico en el orden de 6.

Método de Mapeo de Actores (MAC)

El análisis desde el punto de vista de los actores, además de mirar cómo los actores sociales se articularán, interactuarán y se desarrollarán en un contexto dado, ha cobrado importancia no sólo en los proyectos de desarrollo sino también en los proyectos de investigación. El mapeo de agentes principales (MAC) se utiliza cada vez más como herramienta de diagnóstico y gestión de proyectos (Esteban Tapella, 2007).

MAC es un método ampliamente aceptado relacionado con la teoría de redes sociales. Esta herramienta se basa en el supuesto de que la realidad social puede ser pensada como un conjunto de relaciones sociales que involucran a diferentes actores sociales y tipos de instituciones sociales (Esteban Tapella, 2007).

¿Se deberían mapear personas individuales o instituciones?

Al respecto María de los Ángeles Ortiz (2016) da a conocer que: Es importante considerar ambas dimensiones; porque, en su caso, ambos pueden llegar a ser importantes. A veces, los roles institucionales se vuelven importantes en la medida en que tienen “poder de decisión”; quien asuma el cargo. En otros casos, son personas ajenas a la organización las que tienen la oportunidad de movilizar problemas o recursos dentro de la organización. En este caso, las capacidades de una persona son más importantes que el puesto o función que cumple.

Evaluación vegetativa

Una forma de cuantificar el alcance de la variabilidad ambiental es estudiar la dinámica espacio-temporal de las diferentes coberturas terrestres (De & Santos-Posadas, 2005), lo que permite inferir y explicar algunos de los procesos más famosos hechos por el hombre en la superficie terrestre, además, si se tiene en cuenta el uso de métodos y tecnologías de teledetección, como los sistemas de información geográfica, la caracterización de estos procesos puede convertirse en una tarea práctica y política (Loya, 2013).

Marco legal

Constitución de la república del Ecuador

Capítulo segundo. Organización territorial

Artículo 244 Busca el equilibrio interregional, la proximidad histórica y cultural, la complementariedad ecológica y la gestión integrada de las cuencas hidrográficas (Política Del Ecuador, 2008).

Sección sexta. Agua

Art. 411.- El Estado vela por la protección, restauración y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas fluviales y caudales ambientales relacionados con el ciclo hidrológico. Se regularán aquellas actividades que puedan afectar la calidad y cantidad del agua, así como el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en fuentes y regiones adicionales (Política Del Ecuador, 2008).

Decreto de software libre

Decreto No 1014

Como política de Estado respecto al uso de software libre por parte de las Unidades de la Administración Pública Central en sus sistemas y equipos informáticos. Y arte. 2. El software libre se refiere a programas de computadora que pueden ser utilizados y distribuidos sin restricciones, permitiendo el acceso al código fuente y que pueden ser mejorados en sus aplicaciones (Rafael Correa Delgado, 2008).

Reglamento del Código orgánico ambiental

Título II. planificación del desarrollo y ordenamiento territorial

Art. 5.- Instrucciones técnicas para la ordenación del territorio. – Las siguientes son las recomendaciones de ingeniería ambiental para la planificación espacial:

a) Determinar el estado actual de los elementos del patrimonio natural en términos de cobertura del suelo, vida silvestre, cuencas fluviales, ecosistemas, con especial atención a los ecosistemas vulnerables y áreas bajo el mecanismo de conservación y uso sostenible, tanto en áreas urbanas como rurales (Pdte. Lenin Moreno Garcés, 2019).

Código Orgánico del Ambiente (2017)

Artículo 5 - Derecho de las personas a vivir en un ambiente sano; Incluyendo: 4.- Conservación, preservación y restauración de los recursos hídricos, cuencas fluviales y caudales ambientales asociados al ciclo hidrológico.

Artículo 30. Objetivos estatales en materia de biodiversidad: 7. Aplicar un enfoque integrado y sistemático que tenga en cuenta los aspectos sociales, económicos y ambientales de la conservación y aprovechamiento sostenible de las cuencas hidrológicas y los recursos hídricos en coordinación con una autoridad única del agua. (Ministerio del Ambiente, 2017).

Ley Orgánica de los Recursos Hídricos sus usos y aprovechamiento del Agua.

Artículo 8. Gestión integrada de los recursos hídricos: Una sola entidad gestora de los recursos hídricos es responsable de la gestión integrada e integral de los recursos hídricos a través de un enfoque ecosistémico y de sistema de cuencas hidrográficas a través de la cual se coordinará con los diferentes niveles. gobierno.

Artículo 25.- El Consejo de Cuenca Hidrológica es un órgano colegiado de carácter consultivo, regido por un cuerpo de agua e integrado por representantes electos de los organismos que participan en la construcción, planificación, ejecución y control de los recursos hídricos de la cuenca. (Asamblea Nacional, 2014).

Reglamento a Ley Orgánica de Recursos Hídricos sus usos y aprovechamiento del Agua.

Art. 35.- La planificación hidrológica se llevará a cabo mediante: b) La planificación de la gestión integrada de los recursos hídricos para cuencas hidrológicas tendrá la extensión territorial de los límites hidrológicos, con sujeción a soluciones limitadas a una de las cuencas hidrológicas integradas dentro del límite. (Asamblea Nacional, 2015).

Código Orgánico sobre la Organización Territorial Autonomía y Descentralización (2010)

Art. 132.- Ejercicio de las facultades de gestión de cuencas hidrológicas: En el ejercicio de estas facultades, el gobierno autónomo regional descentralizado es el principal responsable de la gestión ordenada de las cuencas hidrológicas a través de la construcción de planes de ordenamiento territorial efectivos visibles en el gobierno. Cuenca hidrológica autónoma descentraliza-

da con política publicada para la gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos. (Asamblea Nacional, 2010).

Materiales y Métodos

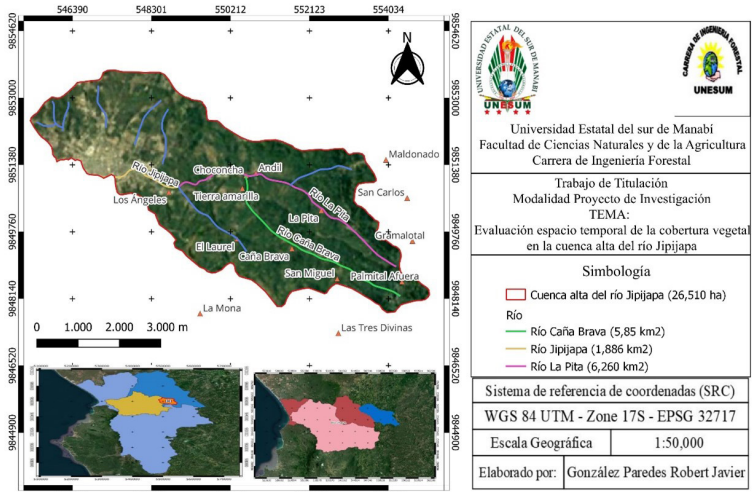
Localización del área de estudio.

El área de estudio se ubica en la parte alta de la cuenca del río Jipijapa, ubicada en la región suroeste de la provincia de Manabí, y consta de tres afloramientos de Palmital, Maldonado y Caña Brava, ocho sitios habitados dispersos: Gramalotal, San Carlos, San Miguel, La Pita, Tierra Amarilla, Los Ángeles, El Laurel, La Mona y tres comunidades: Andil, Choconcha y La Unión.

La cuenca alta del río Jipijapa consta de dos afluentes principales: el río La Pita (6,26 km), el río Caña Brava (5,11 km), el largo del río Jipijapa (25140.000 km), y (2,16 km) a lo largo de la parte alta, consta de 262.900 ha del área de estudio, con perímetro de (276 km).

Ilustración 1.

Elaboración de mapa temático de ubicación del área de estudio tomando como referencia la cuenca hidrográfica del río Jipijapa.



Enfoque de la investigación

El enfoque cuantitativo de tipo descriptivo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, se basa en determinar el cambio de cobertura vegetal de la cuenca alta del río Jipijapa, a partir del uso de los sistemas de información geográfica.

Contexto

Descriptivo de la reducción de la cubierta vegetal, siendo de importancia por el contexto temporal necesario para conocer el cambio en la cobertura vegetal.

Caso, universo y muestra.

Unidad o caso: degradación de cobertura vegetal.

Universo: Parte alta de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa.

Muestra: 262.900 has de la cuenca alta del río Jipijapa.

Diseño metodológico

Para definir los objetivos del área de estudio, se definió un proyecto específico: experimental, descriptivo, en el análisis de geoprocésamiento y aplicaciones específicas, de proyección cartográfica.

Delimitación Temporal

Se generó información sobre las alteraciones relacionadas a la cobertura vegetal, de la cuenca alta del río Jipijapa, a través de la información obtenida por las imágenes satelitales de los años 2000, 2005, 2010, 2015, 2022.

Materiales utilizados

Programa de software libre: SAGA GIS, QGIS, Earth explore, Sas planet.

Materiales de escritorio: Laptop, Cámara, USB memoria.

Materiales de campo: Machete, GPS, cuaderno de apuntes.

Procedimiento metodológico

Mapeo de actores

Se identificaron los actores comunitarios, en los recorridos realizados en las comunidades asociadas a la cuenca alta del río Jipijapa, se estableció el acercamiento directamente con ellos utilizando la herramienta del dialogo para la obtención de la información social, ecológica y cultural de la zona en estudio, para la toma de datos de localización de las localidades se utilizó un GPS, con el apoyo de un cuaderno de apunte se fueron registrando la información que en cada recorrido se extraía, a través de los diferentes recorridos se logró identificar y conocer sobre el límite y nacimiento de los diferentes tributarios que forma la red hídrica de la cuenca alta, se identificaron los efectos causados por la intervención antrópica por el uso inadecuado de los recursos naturales

y la biodiversidad frente a los procesos naturales de los ecosistémicos en los últimos 22 años, notándose la acción con el cambio de la cobertura vegetal.

Tabla 1.

Mapeo de actores de personajes influyentes en las comunidades.

Nº	Comunidad	Nombre	Coordenadas (x)	Coordenadas (y)	Msnm
1	La mona	Marco Tumbaco	549407	9847340	548
2	Tres divinas	Eusebio Pincay	528679	9847191	521
3	San Miguel	Gary Nuñis	552815	9847191	497
4	Choconcha	Alex Tigua	551057	9850919	350
5	Los Ángeles	Ramon Tumbaco	548824	9850729	300
6	Maldonado	Luciano Villacreses	553942	9851555	632
7	San Carlos	Carlos Parrales	553872	9850729	620
8	Gramalotal	Roberto Peñaranda	554514	984947	680
9	Laurel	Dimas Pincay	550364	984960	408
10	La Pita	Teófilo Suarez	552648	9850214	422
11	Caña Brava	Walter Chiquito	552239	9849162	480
12	Andil	Julio Quimis	551224	9849162	360
13	Palmital	Alex Cobeña	55433	9848516	640
14	Cochalquita	Nayely Muñis	549621	9847729	660
15	Tierra amarilla	Pablo Pibaque	550756	9850256	380

Obtención de datos y geo-proceso

La información obtenida, gratuitamente del Geo-portal de IGM (Instituto Geográfico Militar), con su última actualización de datos en el año 2020, se descargaron los archivos vectoriales Shapefile: vías, ríos, curvas a nivel, provincias, cantones, parroquias y cuencas hidrográficas del Ecuador. Las imágenes satelitales fueron conseguidas del portal Earth explorer USGS (Servicio Geológico de Estados Unidos), se descargó los productos:

Tabla 2.

El producto de las imágenes satelitales, adquiridas para el estudio.

Satélite	Sensor	Pixel (m)	Fecha de la Imagen
Landsat 7	ETM +	30	03 de Abril 2000
Landsat 7	ETM +	30	02 de Septiembre 2005
Landsat 7	ETM +	30	31 de Agosto 2010
Landsat 8	OLI/ TIRS	30	06 de Septiembre 2015
Landsat 8	OLI/ TIRS	30	14 de Septiembre 2022

Geo-procesamiento de datos SHAPE y delimitación de la cuenca con SAGA GIS.

Para delimitar el área de estudio, se usó el archivo Shapefile “curvas a nivel” obtenidas del Geo-portal de IGM (Instituto Geográfico Militar), el archivo se importó, al software QGIS 3.22.2, se buscó en la “caja de herramientas de procesos” el proceso de “interpolación TIN” en el que, se creó un RTI (interpolación de red de triángulos irregulares), esta es generada a partir de los puntos de los vecinos más cercanos, el algoritmo creo, la capa ráster de valores interpolados, un archivo DEM (modelo de elevación digital). Se procedió a cortar el DEM por la capa mascara de cuenca hidrográfica Jipijapa.

Procedí a ejecutar el software SAGA GIS 7.8.2, e importé la capa ráster DEM, se proyectó en el lienzo, con la herramienta “Terrain Analysis” en el pre-proceso “Fill sink (Wang & Liu)”, se creó un DEM corregido, con la herramienta de hidrología “Flow Accumulation (Flow Tracing)”, se generó un flujo acumulado, basado en la extensión, del DEM corregido, con la función “Channels” en la opción “Channel network and Drainage Basins”, aplicando el método de Otto Pfafstetter, se empleó de un sistema de codificación jerárquico y topológico de sus unidades hidrográficas, correspondientes a los cuatro primeros tributarios, en el sentido de aguas abajo hacia aguas arriba, es decir, desde la desembocadura hacia la naciente del río principal (Anthony Vilavila Contreras, 2020). El método de Strahler para ordenar los flujos de acumulación, el primer tributario (orden 1) limita lo largo del perímetro de la cuenca (Rosa Isabel Ruiz Ríos, 2021). en su interior los cuerpos de agua contienen de los órdenes (2, 3, 4 y 5); en el orden de 6 a la desembocadura del río al océano pacífico.

Para determinar la parte alta de la cuenca, me ubique en el área estudio de la cuenca y ejecutamos la herramienta de hidrología “uplope Area (Interactive)”, usando como extensión del área el DEM corregido y seleccione como metodología (deterministic 8) y ejecute, se seleccionó el punto de interés, delimitando la cuenca alta del río Jipijapa, con la herramienta “uplope Area (Interactive)”, y le di clic para detener, y se ejecuta mostrando como resultado la delimitación automática de la cuenca en formato ráster (Rohan Fisher et al., 2017).

Se extrajo el archivo shp, con herramienta shapes-grid tools “vectorising Grid Classes”, se creó el polígono del área, nombrado SHP_cuenca alta, se determinó la red de drenaje con la herramienta Tools “clip Grids”, seleccione el DEM corregido por elevación, lo recorte por la extensión del polígono, SHP_cuenca alta, creando el DEM_cuenca, ejecutamos la herramienta Terrain Analysis (channels) “Channel Network and Drainage Basins”, se ejecutó por la extensión del DEM_cuenca, creando un archivo SHP, red de drenaje.

Se exportó los archivos al programa QGIS 3.22.2, para realizar la composición del mapa.

Preprocesamiento de imágenes satelitales.

Se trabajó en el software QGIS 3.22.2, en el procesamiento de las imágenes obtenidas del satélite Landsat 7 y 8, se usó el Plugin Semi-Automatic Classification (SCP), en la herramienta “juego de bandas” se seleccionó a lista de bandas a procesar, con la herramienta “recortar múltiple rastres” se determinó las coordenadas de corte, el nombre de salida y el uso de vector a usar para recortar el área de estudio, definida por el archivo “SHP_cuenca alta del río Jipijapa”, como resultado, presentó en el lienzo del programa el corte bandas de la cuenca alta del río Jipijapa.

Cálculo del índice normalizado de diferencias de vegetación

Se calculó el índice normalizado de diferencias de vegetación, con el Plugin Semi-Automatic Classification (SCP), con la herramienta “calculadoras de bandas”, en el que se aplicó la fórmula para obtener el NDVI (Maini & Tambará, 2017).

El NDVI se obtiene de la expresión:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR-RED}) / (\text{NIR+RED})$$

Siendo:

NDVI = Índice Normalizado de Diferencias de Vegetación

NIR = Banda infrarrojo cercano

RED = Banda roja

Con la aplicación de esta ecuación se generarán imágenes con valores normalizados entre 1 y -1, (Clara Mendes Caixeta et al., 2018) donde los valores negativos indican zonas desprovistas de vegetación, y los tendientes a 1 áreas con cobertura vegetal espesa (Marcus Vinicius Freitas Bezerra, 2016).

Tabla 3.

La información usada para calcular el NDVI en el software QGIS 3.22.

Satélite	Sensor	Resolución Espacial (m/pixel)	Resolución Radiométrica	Bandas NDVI
Landsat 7	ETM +	30	8 bits	
Landsat 7	ETM +	30	8 bits	$NDVI_{L7} = \frac{PS_{B4} - PS_{B3}}{PS_{B4} + PS_{B3}}$
Landsat 7	ETM +	30	8 bits	$NDVI_{L7} = \frac{PS_{B4} - PS_{B3}}{PS_{B4} + PS_{B3}}$
Landsat 8	OLI	30	12 bits	$NDVI_{L7} = \frac{PS_{B4} - PS_{B3}}{PS_{B4} + PS_{B3}}$
Landsat 8	OLI	30	12 bits	$NDVI_{L8} = \frac{PS_{B5} - PS_{B4}}{PS_{B5} + PS_{B4}}$ $NDVI_{L8} = \frac{PS_{B5} - PS_{B4}}{PS_{B5} + PS_{B4}}$

Fuente: Nino Frank Bravo Morales. (2020).

Tabla 4.

Clases de cobertura terrestre basada en intervalos de NDVI.

Intervalos		Cobertura terrestre
Mínimo	Máximo	
-1	0,1	Área Urbana
< 0,1	0,11	Suelo desnudo
< 0,11	0,20	Vegetación arbustiva
< 0,35	0,6	Vegetación arbórea
< 0,6	1	Vegetación densa

Fuente: Autor

Cálculo de hectáreas (ha)

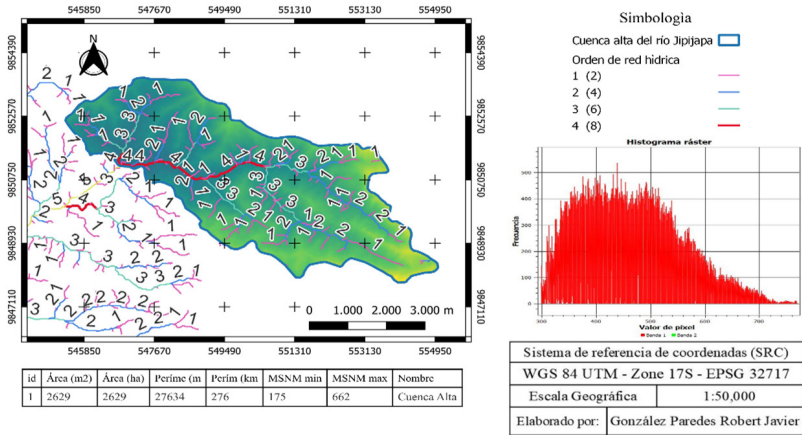
Se trabajo con el plugin DZETSAKA, para clasificación supervisada, en la obtención de hectáreas por clase de cobertura terrestre, se creó un shape, para clasificar, se generó un polígono sobre la coloración, con su respectiva numeración, mediante el algoritmo Support Vector Machines (SVM) (Lidia Sánchez, 2020). Se ejecuta creando un ráster clasificado, en la caja de herramienta, se buscó el comando de la herramienta GRASS “r. report”, en el que se seleccionó el archivo clasificado y se especificó la unidad de hectárea (ha), obteniendo un archivo de texto, con los resultados generados.

Resultados

Delimitar la cuenca alta del río Jipijapa a partir de un modelo de elevación digital.

Ilustración 2.

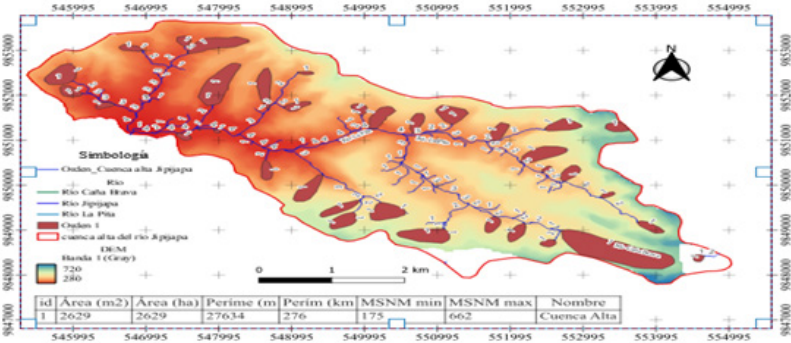
Delimitación de la cuenca alta del río Jipijapa a partir de un modelo de elevación digital.



Fuente: Autor.

Ilustración 3.

Codificación de la red hídrica mediante el método Pfafstetter y el método de Strahler.



Fuente: Autor.

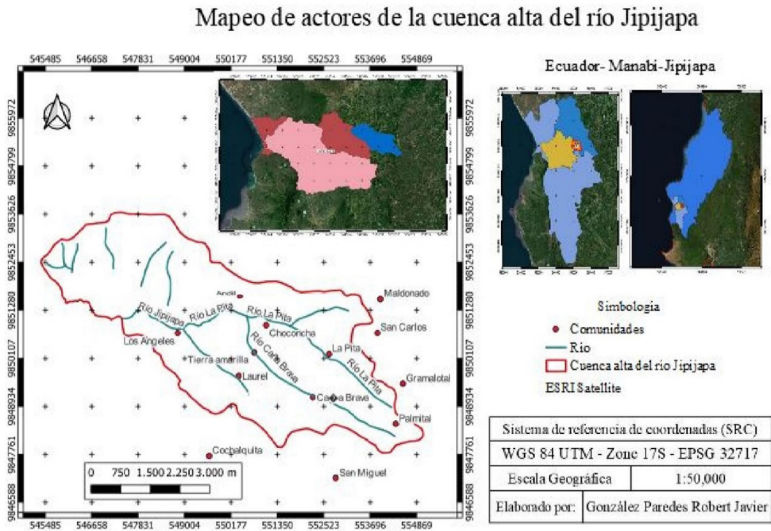
Aplicar el método de Mapeo de Actores (MAC) para la determinación el estado actual de la cobertura vegetal del área de estudio.

Para determinar el estado actual de la de la parte alta del río Jipijapa, localizo a los presidentes de las comunidades que se encuentran dentro de la cuenca, se entablo una entrevista directa con el propósito de conocer mediante los pobladores y personajes influyentes, donde se encuentran las vertientes principales, que interactúan con los pobladores que influyen directa e indirectamente en el abastecimiento de agua del río pero son considerados por la formación natural de la cuenca, comunidades como: la Mona, tres divinas, San Carlo, Maldonado y Gramalotal, que se encuentran en la parte limitante del área de estudio.

Los comuneros relataron que las alteraciones de la cobertura terrestre por lo que ha pasada a lo largo de 22 años, fue afectado por eventos que marcaron el desarrollo de la vegetación y de los cuerpos de agua, haciendo notar el desastre que causo el fenómeno del niño como causas climáticas en 1998, el éxodo de la población más joven a la ciudad desde 2000 al 2005 donde los comuneros se vieron a obligado a vender sus terrenos o los dejaban abandonados, como resultado el bosque primario se desarrolló aún más en el 2010, de ahí hubieron personas que aprovecharon a la expansión de cultivos que tuvo sus frutos en el año 2015 como el año de mayor apogeo de ganancias del sector agrícola, seguido en el año 2020, época de pandemia en el Ecuador, que obligó a las personas de menor recursos económicos y aquellas que contaban con la herencia de terrenos y propios, a volver al campo y adaptarse a los recursos que actualmente no abastecen las necesidades en el riego de cultivos, para el sustento diario de agua se ven obligados a abastecerse por medio de tanqueros, al realizar los recorridos fue notado los cuerpos de agua en estado de erosión, por la falta de escorrentía.

Ilustración 4.

Mapeo de actores de la cuenca alta del río Jipijapa.

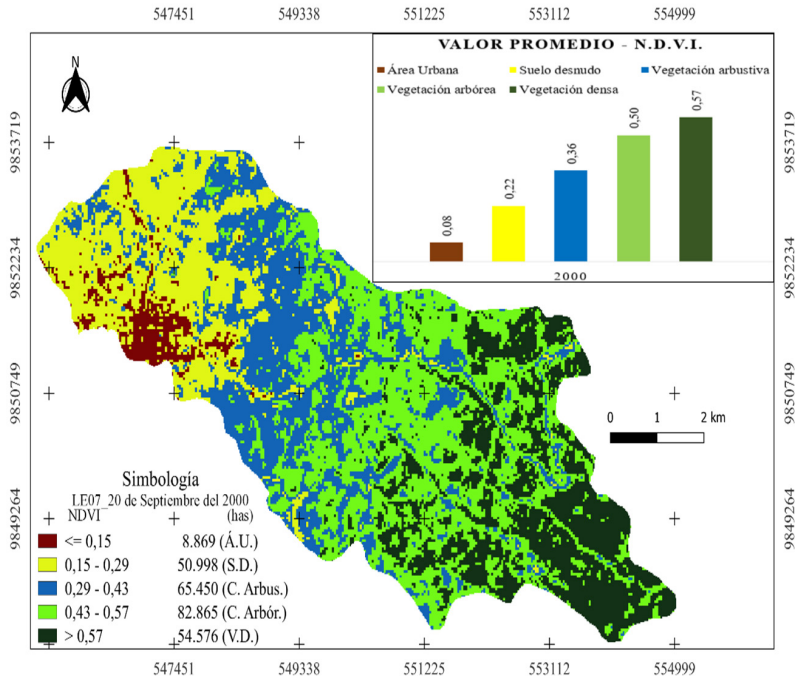


Fuente: Autor.

Calcular el índice de vegetación derivados de imágenes satelitales para el análisis de los efectos de degradación de la cubierta vegetal de la cuenca alta del río Jipijapa.

Ilustración 5.

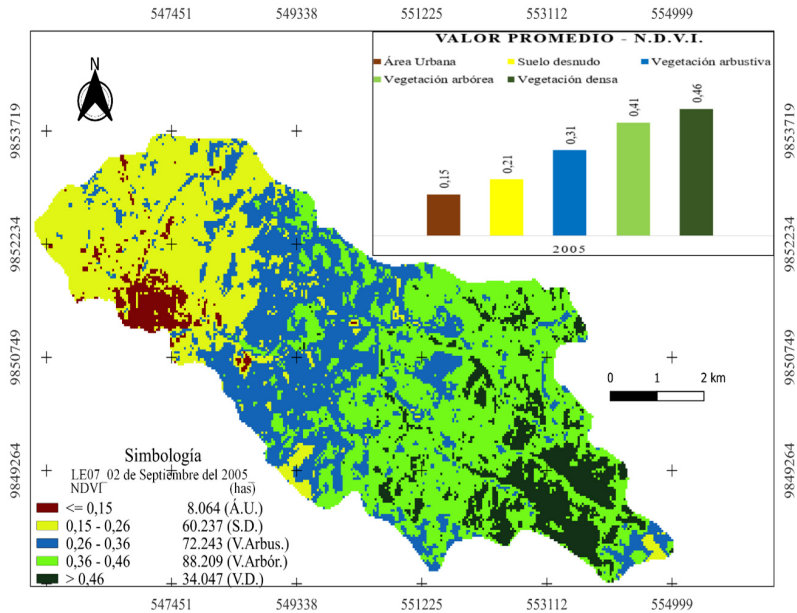
Mapa de clasificación de cobertura vegetal en el año 2000 (20/09/2000). Imagen Landsat 7 ETM.



Nota: El índice de vegetación de diferencia normalizada en el año 2000, destaca de las siguientes clases de cobertura: área urbana (Á.U.), Suelos desnudo (S.D.), Cobertura arbustiva (C. arbus), Cobertura Arborea (C. Arbór.), Vegetación densa (V. D.) que muestra la cuenca provista de bosque primario.

Ilustración 6.

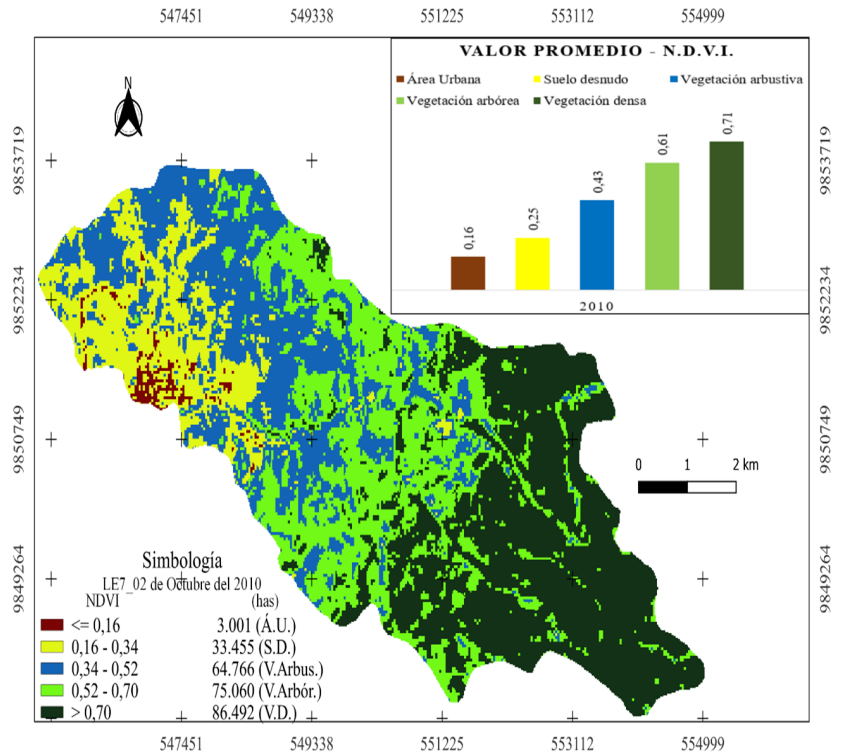
Mapa de clasificación de cobertura vegetal en el año 2005 (02/09/2005). Imagen Landsat 7 ETM.



Nota: Desde el año 2000 al 2005 los suelos desnudos se han expandido al igual a la vegetación arbustiva y las áreas urbanas, en donde se reduce la vegetación densa, que se ha transformado de la cobertura arbórea reduciendo los bosques primarios.

Ilustración 7.

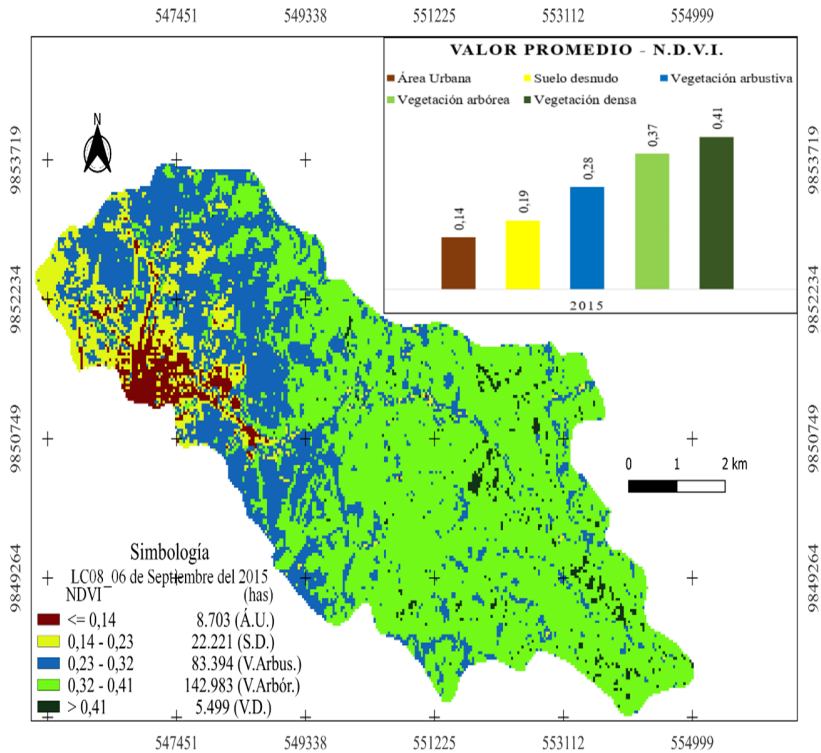
Mapa de clasificación de cobertura vegetal en el año 2010 (02/10/2010). Imagen Landsat 7 ETM.



Nota: En el 2005 al 2010, tiene 25.000 (has) de diferencia, en el que se reduce los suelos desnudos y cobertura arbórea, y aumentan los suelos desnudos y cobertura densa siendo el 2010 el año en que se muestra mayor vegetación de bosque primario en la cuenca alta.

Ilustración 8.

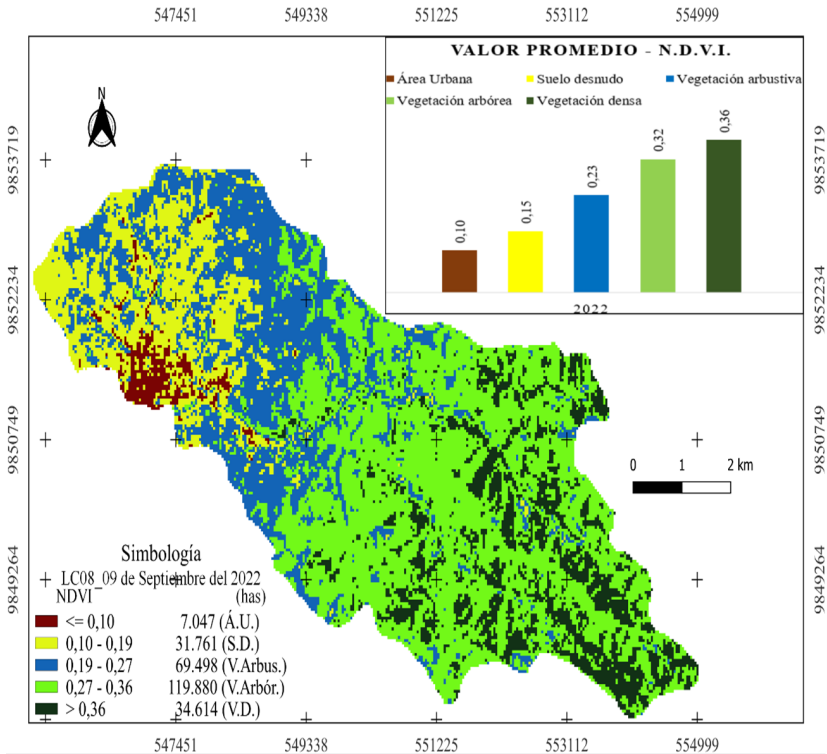
Mapa de clasificación de cobertura vegetal en el año 2015 (06/09/2015). Imagen Landsat 8 OLI.



Nota: En el 2010 al 2015, tiene -25.000 (has), en el que aumenta la cobertura arbustiva y la cobertura arbórea, en el 2015 se pierde la cobertura densa, mostrando pequeñas masas que se encuentran cerca de los cuerpos de agua, los suelos desnudos son apropiados por la cobertura arbustiva.

Ilustración 9.

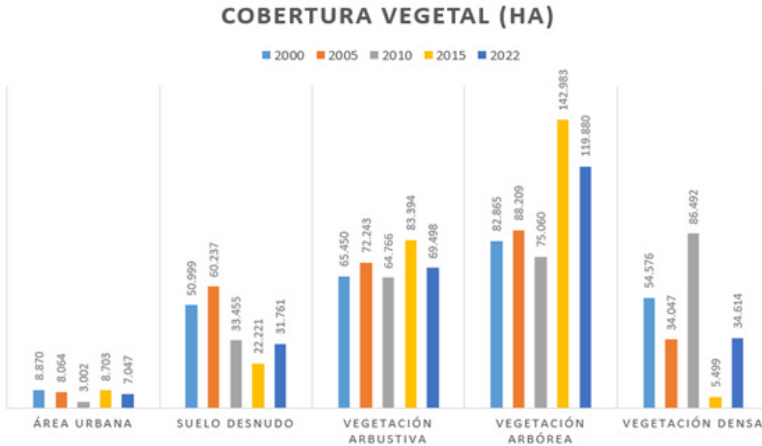
Mapa de clasificación de cobertura vegetal en el año 2022 (09/09/2022). Imagen Landsat 8 OLI.



Nota: En el 2015 al 2022, tiene 4.000 (has), en 7 años se ha expandido los suelos desnudos, aumentando la cobertura densa, en el que reduce la cobertura arbustiva, ha tenido una recuperación en el bosque.

Ilustración 10.

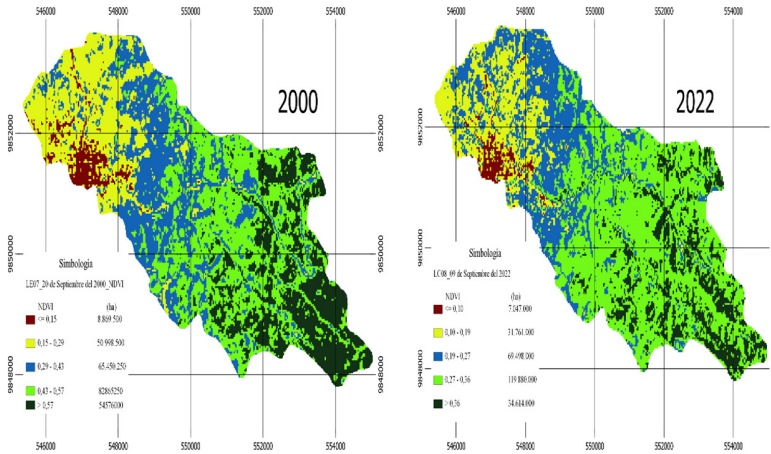
Clases de cobertura vegetal por la variable temporal en el lapso de 22 años.



Nota: La alteración en la cobertura vegetal, generada a partir del cálculo NDVI en el periodo de los años 2000 al 2022, aumenta la vegetación arbórea, que consta de plantación forestales maderables y no maderables, de ámbito comercial y no comercial, en el 2010 tiene mayor densidad de la masa boscosa con 86.492 (has) y en el 2015 se pierde la cobertura densa con 5.499 (has), en el 2022 muestra un progreso en la regeneración del bosque primario con un aumento de 34.614 (has).

Ilustración 11.

Comparación de cobertura vegetal en los periodos 2000 al 2022.



Nota: La reducción de la composición vegetal durante 22 años, consta: con -17.946 has de (Área Urbana con -2%), con -96.676 has (Suelos Desnudos con -12%), con -224.451 has (Vegetación Arbustiva con -27%), con -343.267 (Vegetación Arbórea con -44%), con -106.076 has (Vegetación Densa con -13%). Los valores promedio de NDVI, el área urbana en el 2000 es de 0,08 y en el 2022 es de 0,10 teniendo un aumento de población, los suelos desnudos tienen un aumento en el 2010 con 0,25 y en el 2022 con 0,15 es referente al aumento de vegetación arbustiva 0,23 en estos años, la vegetación densa de 0,71 en el 2010, y 0,36 en el año 2022.

Discusión

Roger Figueroa Parrales, en su trabajo de “Manejo integral de la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa con vistas a su conservación y uso sostenible”, (2021) la delimitación de la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa, las subcuencas que la integran, y la demarcación de la red, se obtuvo a partir de un modelo de elevación Digital, mediante la aplicación del software ArcGIS. En este proyecto se trabajó con el software libre SAGA GIS para la delimitación de la parte alta de la cuenca a partir de un modelo de elevación digital (DEM), se usó del método de Otto Pfafstetter y el método de Strahler para ordenar flujo, en el que se codificó la cuenca hidrográfica del río Jipijapa se delimita con el mayor flujo de acumulación el orden 1 es codificado a lo largo del perímetro de la cuenca, para determinar la red de drenaje de los cuatro primeros afluentes (2,4,6,8).

Marcus Freitas Bezerra (2021) en su artículo “Análisis de la cobertura vegetal de una unidad de conservación en el Pantanal de Mato Grosso do Sul, a partir de la aplicación de sensores remotos”, aplica el cálculo NDVI, para clasificación de la cobertura del suelo basada en los rangos de NDVI, Masas de agua, Sotobosque, Vegetación arbustiva, Vegetación arbórea y Vegetación densa.

En este proyecto, se utilizó el Software libre QGIS, se aplicó el cálculo NDVI, se utilizó el Plugin Semi-Automatic Classification (SCP) para determinar las clases de cobertura basada en intervalos NDVI, Área Urbana, Suelo desnudo, Vegetación arbustiva, Vegetación arbórea, Vegetación densa. Se aplicó una clasificación supervisada con el plugin DZETSAKA, mediante el algoritmo Support Vector Machines (SVM), se determinó las hectáreas representadas por las clases de cobertura vegetal.

Conclusiones

Basado en los objetivos planteados anteriormente y de los datos obtenidos se pudo concluir que:

Se delimitó la cuenca alta del río Jipijapa con un DEM, con los cuatro primeros flujos de acumulada y utilizando el método de Otto Pfafstetter y el método de Strahler para ordenar flujo, en donde el orden 1 es codificado a lo largo del perímetro de la cuenca para determinar la red de drenaje, en SAGA GIS 7.8.2 es señalado automáticamente, tiene 262.900 has por extensión de superficie terrestre.

- El mapeo de los actores proporcionó la información necesaria para identificar las clases de cobertura terrestre, lo que me permitió comprender mejor el estado de la cuenca durante los últimos 22 años, la información proporcionada muestra la situación actual de bosque, que se referencia a la situación económica actual, mantienen en monocultivos de caña de azúcar, maíz, cacao, entre otros.
- Con base en la información obtenida de las imágenes satelitales Landsat 7 y 8, se determinan los valores de las capas de cobertura utilizando las funciones matemáticas NDVI, que permite determinar la incidencia de factor antrópico, mostrando en 22 años, una alteración en la reducción de coberturas provistas de vegetación densa, que, no mantiene una frontera agrícola, al ser esta invadida por la tala indiscriminada, para la creación de espacios abiertos destinado a cultivos de ciclo corto.

Recomendaciones

- Para obtener datos RTI (interpolación de red de triángulos irregulares), se debe establecer la extensión en que se va a trabajar y proporcionar el tamaño de píxel, entre más pequeño sea el píxel mejor será la información para obtener de un DEM (Modelo de Elevación Digital).
- Se recomienda el análisis de suelos y aguas para conocer su adaptabilidad a cultivos agroecológicos que brindan alimento y sustento económico.
- Promover la planificación de la seguridad alimentaria de las comunidades aledañas a la cuenca alta del río mediante la provisión de cultivos intermedios agroecológicos que ayuden a sustentar la dieta de los residentes al lograr una alimentación equilibrada y sostenible y mejorar su estilo de vida mediante la implementación de una economía circular.
- Para el procesamiento de imágenes satelitales es necesario aplicar la corrección atmosférica DOS1 y la transformación pansharping utilizando la información del contenedor y los metadatos del canal Landsat que al formar el NDVI permite obtener datos con alta resolución, mejor resolución de píxeles y reflectividad.

Bibliografía

- Asamblea Nacional. (19 de Octubre de 2010). Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización. Quito, Pichincha, Ecuador: Registro Oficial.
- Asamblea Nacional. (6 de Agosto de 2014). Ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del Agua. Quito, Pichincha, Ecuador: Registro Oficial
- Asamblea Nacional. (21 de Agosto de 2015). Reglamento a Ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del Agua. Quito, Pichincha, Ecuador: Registro Oficial.
- Anthony Vilavila Contreras. (2020). *Metodología Pfattetter*.
- Bezerra, M. V. F., Encina, C. C. C., Figueiredo, H. R. de, Dalmas, F. B., & Paranhos Filho, A. C. (2021b). Análise da cobertura vegetal de uma unidade de conservação do Pantanal de Mato Grosso do Sul, a partir da aplicação de sensoriamento remoto. *Research, Society and Development*, 10(9), e24710916342. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i9.16342>
- Carlos Pinilla. (2020). *teledetección: teoría y aplicaciones*.
- Clara Mendes Caixeta, A., Aparecida Mecenero Sánchez, E., & Alves de Senna, J. (2018). *Análise Temporal Do Índice De Vegetação (Ndvi) Na Formação Fecho Do Funil Na Porção Central Do Sinclinal Dom Bosco, Quadrilátero Ferrífero (Mg) Entre Os Anos De 1985 E 2018*. 1–12.
- De, H. M., & Santos-Posadas, L. (2005). *Estimación de cobertura arbórea mediante imágenes satelitales multiespectrales de alta resolución PRO-PUESTAS Y OPCIONES PARA MEJORAR EL SECTOR FORESTAL DE MEXICO View project Growth Models and Stand Density Management View project José René Valdez-Lazalde Colegio de Postgraduados*. <https://www.researchgate.net/publication/28109466>
- Dra. M. Pilar Gracia Rodríguez. (2012). *Guía práctica de teledetección y fotointerpretación*.
- Esteban Tapella. (2007). Mapeo de actores Claves. *CONICET*.
- Forero Bernal, C. A., Zabala Parra, P. A., & Boada Rodríguez, A. (2017). Análisis espacio temporal de la incidencia antrópica en la Cuenca del Río Cauca, en el departamento del Valle. *Perspectiva Geográfica*, 22(1). <https://doi.org/10.19053/01233769.5861>

- Helena Cotler Arévalo, Adalberto Galindo Alcántar, & Ignacio Daniel González Mora. (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. <https://www.researchgate.net/publication/280938710>
- Javier Álvarez del Castillo, & Gustavo Adolfo Agredo Cardona. (2013). Pérdida de la cobertura vegetal y de oxígeno en la media montaña del trópico Andino, caso cuenca urbana San Luis (Manizales). *Luna Azul*, No. 37.
- Javier Martínez Vega, M. Pilar Martín Isabel, José Manuel Díaz Montejo, José María López Vizoso, & Francisco Javier Muñoz Recio. (2010). Guía Didáctica de teledetección y medio ambiente. In *Red Nacional de Teledetección*.
- Jorge Fallas. (2007). *Modelos digitales de elevación: Teoría, métodos de interpolación y aplicaciones*.
- Juan Julio Ordoñez Gálvez. (2011). "Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral del Recurso Hídrico" ¿QUÉ ES CUENCA HIDRÓLOGICA? ¿QUÉ ES CUENCA HIDRÓLOGICA?
- Kristi Sayler, & Timothy Glynn. (2022). *Landsat 9 Data Users Handbook*.
- Lidia Sánchez. (2020). *Manual de Modelo Digital de Elevación (MDE) y Análisis del terreno*. www.eaula.darwineventur.es
- Lira Chávez, J. (2010). *Tratamiento digital de imágenes multiespectrales*.
- Luis Humacata. (2020a). *Aplicaciones para el análisis de clasificación espacial y cambios de usos del suelo* (INIGEO). <http://prodisig.wixsite.com/prodisig>
- Luis Humacata. (2020b). *Aplicaciones para el análisis de clasificación espacial y cambios de usos del suelo* (INIGEO). <http://prodisig.wixsite.com/prodisig>
- Maini, L., & Tambara, A. (2017). *Análise multitemporal do índice de vegetação normalizada (NDVI), faxinal do soturno, rs. 0*.
- Manuel Fuenzalida, Gustavo D. Buzai, Antonio Moreno Jiménez, & Armando García de León. (2015). *Geografía, geotecnología y análisis espacial: tendencias, métodos y aplicaciones* (Editorial Triángulo). Primera Edición. <http://editorialtriangulo.org>
- Marcus Vinicius Freitas Bezerra, T. R. A. (2016). *Análise multitemporal, com base no índice de vegetação por Diferença Normalizada da (NDVI), da*

cobertura vegetal da Reserva Particular de Patrimônio Natural Penha (RPPN Penha), em Corumbá/MS. 4, 1–6.

María de los Ángeles Ortiz, Victoria Matamoro, & imena Psathakis. (2016). **GUÍA PARA CONFECCIONAR UN MAPEO DE ACTORES**. www.cam-biodemocratico.org

Mauricio Labrador García, Juan Antonio Évora Brondo, & Manuale Arbelo Pérez. (2012). *Satélite de teledetección para la gestión del territorio*.

Máximo Alexander Juárez Amaya. (2018). *Metodología para clasificación de coberturas a partir del procesamiento de imágenes satelitales*.

Ministerio del Ambiente. (6 de abril de 2017). Código Orgánico del Ambiente. Suplemento 983. Quito: Registro Oficial.

Muricio Labrador García, Juan Antonio Évora Brondo, & Manuel Arbelo Pérez. (2012). *satélite de teledetección para la gestión del territorio*.

Nino Frank Bravo Morales. (2020). *Teledetección y procesamiento de imágenes satelitales* (Segunda Edición). Geomática Ambiental.

Pdte. Lenin Moreno Garcés. (2019). *Reglamento al código orgánico del ambiente*. www.lexis.com.ec

Pérez Ortega, D. J., Solarte, J. G., Pantoja Díaz, J. J., & Martins Pompêo, M. L. (2018). Dinámica espacio temporal del uso del suelo y su efecto sobre la degradación de los recursos hídricos: caso de la cuenca del río Jiqueri – Brasil. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), 15–28. <https://doi.org/10.22490/21456453.2067>

Política Del Ecuador, C. (2008). CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. In *Registro Oficial*.

Portuguez M., D. M. (2015). UTILIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA PARA LA ESTIMACIÓN DE ESCORRENTÍA DIRECTA. *Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Perú.*, 76(2), 294. <https://doi.org/10.21704/ac.v76i2.794>

Rafael Correa Delgado. (2008). *Estrategia para la implantación de software libre en la administración pública central*.

Roger Javier Figueroa Parrales, A. A. T. C. (2021). *Manejo integral de la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa con vistas a su conservación y uso sostenible*.

- Rohan Fisher, Sarah Hobgen, & Iradaf Mandaya. (2017). *Satellite Image Analysis and Terrain Modelling Version 2 SAGA GIS 4*. <http://sagatutorials.wordpress.com/>
- Rosa Isabel Ruiz Ríos. (2021). *Marco Metodológico de Criterios Técnicos para la Identificación, Delimitación y Zonificación de Cabeceras de Cuenca*. www.ana.gob.pe
- Trujillo-Jiménez, M. A., Liberoff, A. L., Pessacg, N., Pacheco, C., & Flaherty, S. (2021). Metodología de clasificación automática de uso y cobertura de suelo Uso de Métodos de Aprendizaje Automático y teledetección para clasificación de uso y cobertura del suelo en un valle semiárido de la Patagonia. *CAI, Congreso Argentino de Agroinformática*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5338597>
- Washington, A. I., Sandoval Erazo, R., Patricio, I. E., & Ortiz, A. (2014). Determinación de caudales en cuencas con poca información hidrológica. *Revista Ciencia UNEMI, Núm. 2*, 1–11.

1. Anexos



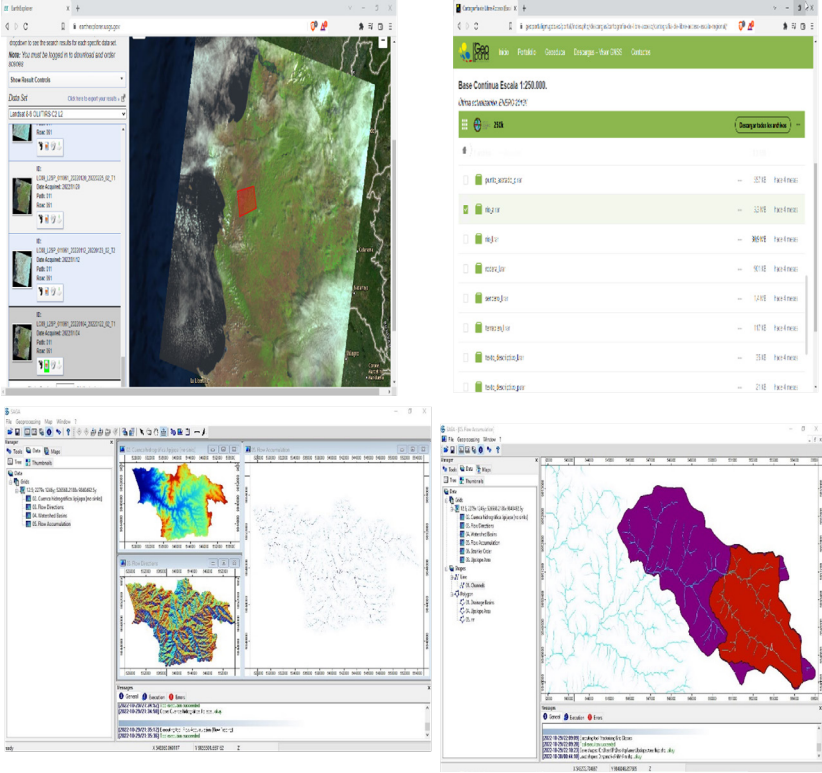
Anexo 1: Los recorridos realizados en la parte alta de la cuenca para la toma de datos de campo, que determina el área de estudio en metros sobre el nivel del mar, cuerpos de agua y tipos de cobertura.

Anexo 2



Anexo 2: Diálogo con la comunidad para conocer el estado de la cuenca alta del río Jipijapa y las principales causas del daño al área de estudio.

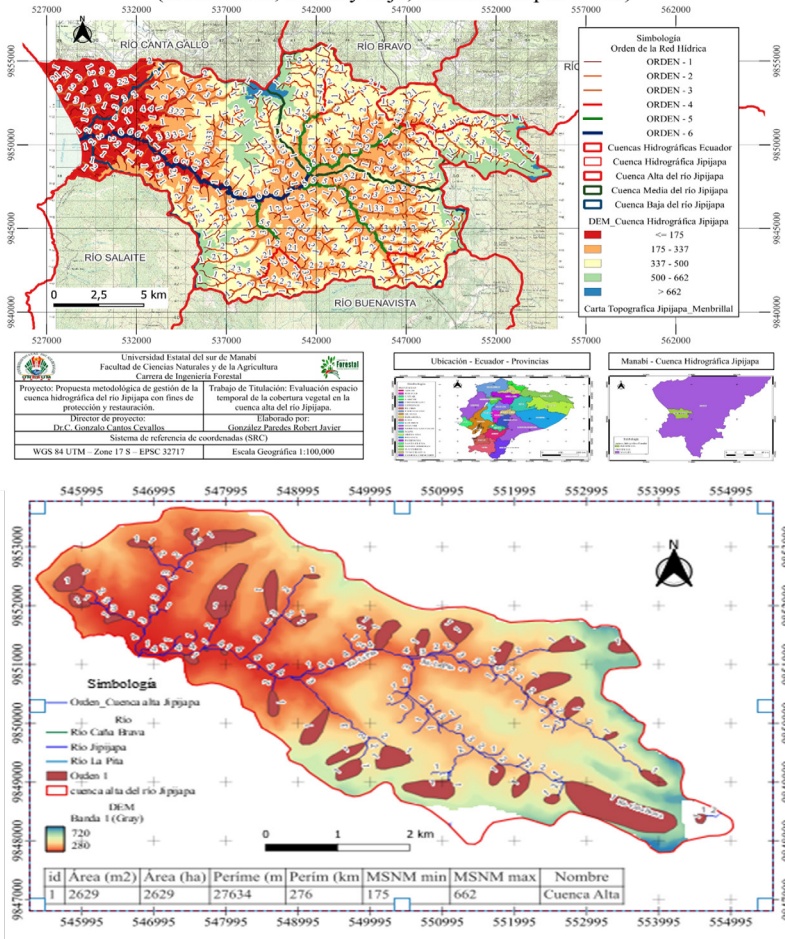
Anexo 3



Anexo 3: La obtención de información, de las plataformas del IGM (Instituto de Geografía Militar), USGS (Servicio Geológico de Estados Unidos) y la aplicación de geo-procesos en software libre QGIS 3.22 y SAGA GIS 7.8. La aplicación de geo-procesos aplicando el método de Otto Pfafstetter, para determinar las cuencas superior, media e inferior del río Jipijapa.

Anexo 4

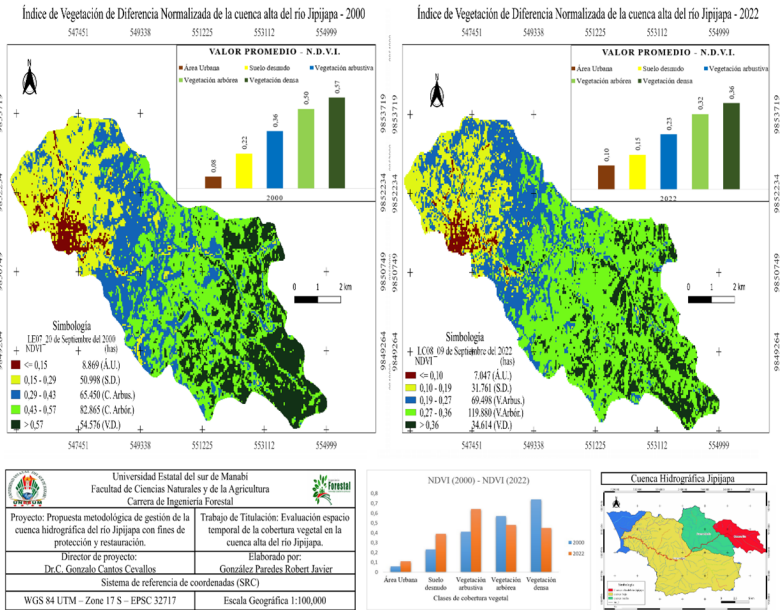
Cuenca hidrográfica del río jipijapa, Característica y clasificación
(Cuenca alta, media y baja; Red hídrica por orden)



Anexo 4: La aplicación del método Otto Pfafstetter y el método de Strahler, aplicado en la delimitación de cabecera de cuenca hidrográfica río Jipijapa.

Anexo 5

Índice de vegetación, de la cuenca alta del río Jipijapa en los años 2000 - 2022.



Anexo 5: La comparación en 22 años mediante el cálculo del NDVI, aplicado para determinar la perdida en la reducción de vegetación en la parte alta del río Jipijapa.

EVALUACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

para una gestión sostenible

Capítulo 5

Evaluación del balance hídrico
superficial de la cuenca del río
Jipijapa

AUTORES: Gonzalo Alexander Cantos Victores, Juan Leonardo Wajarai Chuim



Resumen

La cuenca del río Jipijapa se encuentra en la zona Sur Occidental de la Provincia de Manabí, se caracteriza por presentar un marcado déficit hídrico producto de la degradación de sus recursos naturales, principalmente por factores antropogénicos; lo que compenso la realización del presente proyecto cuyo objetivo principal fue evaluar el balance hídrico superficial de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa en el periodo 2008 – 2018, para lo cual fue necesario aplicar una metodología con un diseño: no experimental, transversal, descriptivo; caracterizado por un proceso de: registro, procesamiento y tabulación de datos en un periodo de once años. Para calcular el balance hídrico superficial se utilizó el método de Thornthwaite, el cual hace uso de dos parámetros climatológicos, la temperatura y las horas de insolación; para obtener la evapotranspiración siendo esta la salida del agua. Los resultados obtenidos una vez que se aplicó la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración fue el cálculo de los déficit y excedentes hídricos de la cuenca. Para la delimitación y observación de la red de drenajes del río Jipijapa se empleó el programa Quantum GIS. Se concluyó constatando que la cuenca posee un déficit hídrico en todos los meses del año con excepción del mes febrero. A la vez se determinó que los años 2012 y 2017 fueron los de mayores precipitaciones en el área.

Palabras clave: Precipitación, horas de insolación, balance hídrico, déficit y excedente.

Introducción

El 8% de los bosques globales, aproximadamente 330 millones de hectáreas, tienen como función principal la protección de suelos y recursos hídricos (FAO, 2011). Los bosques desempeñan un papel crucial en el ciclo del agua, la conservación del suelo, la captura de carbono y la preservación de hábitats (FAO, 2016).

Ecuador cuenta con recursos hídricos superficiales anuales de 376 km³ y recursos hídricos subterráneos de 56.6 km³. El volumen total de agua no repetitiva entre ambos recursos es de aproximadamente 14.27 km³, con una disponibilidad per cápita de 26 km³. En las regiones costera, andina y amazónica, los recursos hídricos promedian 70.05 km³, 59.73 km³ y 246.25 km³ anualmente, respectivamente. Lamentablemente, debido a la distribución poblacional en Ecuador, la demanda de agua varía inversamente a su disponibilidad (SENAGUA, 2012).

En la cuenca del río Jipijapa, la mayoría de los suelos tienen un contenido de arcilla montmorillonítica superior al 35%, lo que les confiere una condición de contracción en verano y expansión durante la temporada de lluvias, lo que produce estructuras mayormente masivas y superficies agrietadas. Esto requiere la aplicación de técnicas y medidas de conservación adecuadas para prevenir la degradación del suelo (Baque del Valle, 2000).

La ciudad de Jipijapa está fuertemente influenciada por la cuenca del mismo nombre, que cubre el 1.3% del territorio de Manabí. Esta cuenca desempeña un papel crucial en el suministro de agua, pero se encuentra degradada debido a factores como la deforestación para la expansión agrícola en las partes altas y medias, el bajo nivel freático causado por la evapotranspiración y el taponamiento en ciertas áreas superiores debido a actividades productivas (Senplades, 2013).

La cuenca alta del río Jipijapa, principal fuente de recursos hídricos, experimenta serias perturbaciones ambientales que podrían volverse progresivas y degradar permanentemente las condiciones naturales que garantizan la disponibilidad y calidad del agua para las áreas medias y bajas. Esto se traduce en un desequilibrio en el régimen hidrológico (Jaramillo M., 2017). En respuesta a esto, es esencial implementar balances hídricos anuales que faciliten la evaluación de la temporalidad y disponibilidad del agua, lo que se convierte en una herramienta valiosa para la gestión, control y redistribución eficiente del recurso hídrico, así como para cuantificar fenómenos como la evapotranspiración, la escorrentía y la infiltración (Jaramillo, 2018).

Este proyecto se justifica debido a la degradación de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa, causada por diversos factores, como la deforestación, la erosión y la actividad humana, lo que ha impactado negativamente en el régimen hidrológico. El método del balance hídrico se utiliza para entender la cuenca, resolver problemas hidrológicos, evaluar los recursos hídricos, calcular periodos de exceso o déficit de agua y planificar adecuadamente la gestión hídrica.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el balance hídrico superficial de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa en el período 2008 – 2018.

Objetivos Específicos

- Sintetizar la información climatológica y meteorológica disponible de los años 2008 al 2018.
- Aplicar herramientas relacionadas con sistemas de información geográfica en la fisiografía del río Jipijapa.
- Determinar el balance hídrico superficial de la cuenca del río Jipijapa mediante el método de Thornthwaite.

Objeto y campo de acción

Objeto de estudio

Balance hídrico superficial de la cuenca del río Jipijapa.

Campo de acción

Balance hídrico superficial de la cuenca del río Jipijapa, en base a los cálculos y evaluación de datos hidro meteorológico (precipitación, temperatura y evapotranspiración) en el periodo 2008- 2018.

Preguntas de la Investigación

¿Cuál sería el balance hídrico superficial de la cuenca del río Jipijapa mediante la aplicación del método de Thornthwaite en periodos de 2008 al 2018?

Alcance de la Investigación

El alcance de la investigación es descriptivo porque se analiza el fenómeno del ciclo hidrológico con todas sus variables y su influencia en el régimen hídrico en el área de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa, además porque se investiga por medio del balance hídrico superficial un problema poco estudiado en condiciones climáticas de la misma cuenca del río Jipijapa.

Hipótesis

El balance hídrico superficial de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa es negativo según datos hidrometeorológicos.

Marco Referencial

Aspecto histórico de estudios hidrológicos

Existen investigadores que han realizados estudios de este tipo, entre ellos:

Cesar Jaramillo Eras, en su investigación titulada: “Desarrollo de un software para el cálculo del balance hídrico en cuencas hidrográficas” en el año 2018 optó por la aplicación del modelo hidrológico del Thornthwaite, para el cálculo del balance hídrico. La interfaz gráfica del software se desarrolló en PyQt5, el trabajo informático de la programación de los módulos de cálculo, se lo llevo a cabo en la plataforma jaba eclipse Neon 3.0 usando el lenguaje de programación Python en el periodo hidrológico 2000 – 2010 en la sub cuenca del rio Pindo en Loja. (Jaramillo, 2018).

Esteban Carchi García, en su investigación “Elaboración de un balance hídrico de la cuenca del rio Machángara, realizada en 2015 evaluó las variables climatológicas que son los que más influyen en la cantidad de agua encontrando resultados relevantes en relación con el análisis de disponibilidad hídrica y la demanda de agua realizada a nivel de la cuenca del rio Machángara, lo que permitió conocer situaciones de déficit y exceso del recurso hídrico existente en esa unidad ambiental a nivel mensual. (Carchi, 2015).

Alfonzo Gonzales en su investigación titulada “Calculo del balance hídrico a nivel del suelo en la zona agrícola de la cuenca Polikanbry en la isla Santa Cruz en Galápagos” encontró que el suelo la mayor parte del tiempo mantiene altos contenidos de agua, que la evaporación en el área es mayor al 30% del agua precipitada y que la infiltración se encuentra alrededor del 70%, lo que confirma la poca influencia del escurrimiento superficial del balance hídrico (González, 2013)

Hidrología

Concepto de cuenca hidrográfica: Territorio en que los distintos ríos y cursos de agua que lo riegan confluyen en un río principal. Cada una de estas cuencas está separada de las vecinas por la línea divisoria de las aguas que casi siempre coinciden con la línea de las cumbres (Lopez, 2009).

Definición de degradación: Alteración de la media ambiente que reduce la utilización óptima y sostenibilidad a largo plazo (Lopez, 2009).

Degradación ambiental: Evolución de un recurso en un sentido desfavorable, generalmente por ruptura del equilibrio de la naturaleza debido a un uso inadecuado (Lopez, 2009).

Concepto de ciclo hidrológico: Es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación (Ordoñez, 2011)

Concepto de balance hidrológico: Consiste en la aplicación de la ecuación de continuidad en un área determinada que podía ser una cuenca hidrográfica con sus componentes básicos (INAB, 2005).

Balance hídrico superficial: El balance hídrico superficial se refiere al estado inicial de la cuenca o parte de esta, la evaluación de los recursos hídricos de una cuenca requiere de una estimación correcta del balance hidrológico, es decir, comprender el ciclo en sus diferentes fases, la forma en que el agua que se recibe por precipitación y se reparte entre el proceso de evapotranspiración, escorrentía e infiltración (Ordoñez, 2011).

Precipitación: La precipitación, es toda forma de humedad que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie terrestre. La precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tales como el granizo y nevisca (Teran, 2017).

Evaporación: La evaporación es el proceso físico por el cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso, retornando directamente a la atmósfera en forma de vapor (Montes, 2015).

Evapotranspiración: La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos. Aparte de la disponibilidad de agua en los horizontes superficiales, la evaporación de un suelo cultivado es determinada principalmente por la fracción de radiación solar que llega a la superficie del suelo (Rome, 2006).

Escorrentía: Se llama escorrentía o escurrimiento a la corriente de agua que se vierte al rebasar su depósito o cauce naturales o artificiales. En hidrología la escorrentía hace referencia a la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir, la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida (Villalva C. , 2017).

Temperatura: La cantidad de energía solar, retenida por el aire en un momento dado, se denomina temperatura. Se puede afirmar que la temperatura depende ante todo de la radiación solar (Ordoñez, 2011).

Insolación: Hace mención a la cantidad de energía solar que una superficie recibe en un día o en un año. En el primer caso, se habla de insolación

diurna, mientras que en el segundo se alude a la insolación anual. Para estimar la insolación, se puede medir la radiación en el sector alto de la atmósfera, asumir que no existe capa gaseosa o apelar a un cálculo complejo que tenga en cuenta la influencia atmosférica (Perez, 2018).

Relieve: Condiciones morfológicas del terreno (en términos de sus cualidades geológicas), formas que tiene la superficie de la corteza terrestre (Sánchez, 2013).

SIG: Es un sistema de información geográfica, con procedimientos que facilitan la visualización, análisis y almacenamiento de datos relacionados con el espacio físico, con el fin de relacionar datos para determinar fenómenos geográficos, y urbanos de todo tipo reflejados en un mapa (CUOM, 2013).

Software Qgis: Es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de software libre para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS, Microsoft Windows y Android.2 Era uno de los primeros ocho proyectos de la Fundación OSGeo y en 2008 oficialmente graduó de la fase de incubación (Wikipedia, 2019).

Estudios hidrográficos

Cuencas hidrográficas

En la actualidad las cuencas hidrográficas prodigan múltiples beneficios al ser humano, pero debido al uso y abuso doméstico, agrícola e industrial se comprometen seriamente la subsistencia del ecosistema y el aprovechamiento de los recursos naturales que este sistema prodiga (Ordoñez, 2011).

Toda cuenca representa una unidad ambiental definida que a la vez se constituye en el área más adecuada para la gestión integral de los recursos hídricos. Existe una relación muy marcada entre el ciclo del agua, la cuenca hidrográfica y el bosque (Garcés, 2011).

La compleja interrelación entre los parámetros del ciclo del agua con el bosque y la biodiversidad, es decir con los recursos hídricos, constituyen el nexo fundamental entre el desarrollo humano y la naturaleza, influenciados sustancialmente por las acciones antrópicas.

(Monterrosas, 2008)

La adecuada interpretación de los procesos hidrológicos que ocurre en la naturaleza fundamentarme en las unidades ambientales conocidas como cuencas hidrográficas así como la interpretación a la gran variabilidad climática actual constituye una prioridad de investigación desde hace muchos años y se ha acentuado en la actualidad. (Delgado & Gaspari, 2010).

Cuenca hidrográfica del río Jipijapa

La cuenca hidrográfica del Río Jipijapa tiene sus orígenes en el extremo oriental de la ciudad del mismo nombre, en el sitio Gramanotal a 667 msnm tomando en su primer tramo el nombre de Río Caña Brava y luego el de Río La Pita que al pasar por el área urbana de la ciudad toma el nombre de Jipijapa; posee una pendiente media de 3.5%; recibe como principales tributarios los esteros la pita y matapalos; se dirige en la cuenca media por entre un cañón a lo largo de 14 km con una pendiente de 0.6%; a su paso recibe varios tributarios como el río seco y los esteros Rianton y el altar. La pendiente promedio de la cuenca se ha estimado 1.95%.

Muy a pesar de que la cuenca hidrográfica del río Jipijapa, no cuenta con acuíferos buenos, por lo que pasa casi durante todo el año con su caudal mínimo, mantiene un sistema de escurrimiento superficial fácil, por lo que lo aprovechan los campesinos del sector para sus cultivos, animales y las actividades de subsistencia (Pín, 2018).

Ciclo del agua

El ciclo hidrológico es el foco central de la hidrología; No tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren en forma continua. El proceso del ciclo empieza cuando el agua se evapora desde los océanos y desde la superficie terrestre para volverse parte de la atmósfera; el vapor de agua se transporta y se eleva en la atmósfera hasta que se condensa y precipita sobre la superficie terrestre o los océanos; el agua precipitada puede ser interceptada por la vegetación, convertirse en flujo superficial sobre el suelo, infiltrarse en él, correr a través del suelo como flujo subsuperficial y descargar en los ríos como escorrentía superficial (Teran, 2017).

La mayor parte del agua interceptada y de escorrentía superficial regresa a la atmósfera mediante la evaporación. El agua infiltrada puede percolar profundamente para recargar el agua subterránea de donde emerge en manantiales o se desliza hacia ríos para formar la escorrentía superficial, y finalmente fluye hacia el mar o se evapora en la atmósfera a medida que el ciclo hidrológico continúa (Teran, 2017).

Ciclo hidrológico forestal

En el ciclo hidrológico forestal, la lluvia es la principal entrada a los bosques húmedos tropicales. Una pequeña parte de la lluvia llega hasta el suelo del bosque como precipitación interna y escurrimiento por los tallos. Una porción sustancial es interceptada por el dosel del bosque, la cual se evapora

posteriormente hacia la atmósfera durante e inmediatamente después de la precipitación; el resto alcanza la superficie del suelo como goteo de la copa.

Debido a que la precipitación interna y el goteo de la copa no se pueden determinar directamente en el campo, las dos se toman usualmente como una sola variable y se denominan precipitación interna (Bruijnzeel, 2010).

Si la intensidad del total de la precipitación interna y el escurrimiento por el tallo, llegan al piso del bosque y exceden la capacidad de infiltración del suelo, el exceso de agua que no es absorbida por el suelo es escorrentía directa como escurrimiento Hortoniano (HOF). Debido a que generalmente la capa de suelo orgánica tiene gran capacidad de absorción en la mayoría de los bosques tropicales naturales, el volumen de la lluvia interna y el escurrimiento por los tallos se infiltrara en el suelo y este tipo de flujo ocurre con relativa frecuencia. La mayoría del agua infiltrada es absorbida por la vegetación y retorna a la atmósfera por procesos de transpiración (E_t). El termino evapotranspiración (ET) se usa para denominar la suma de la transpiración (evaporación de un dosel seco) y perdida por interceptación (E_i , evaporación de la superficie expuesta de un dosel húmedo) (Bruijnzeel, 2010).

La evaporación de la hojarasca y la superficie del suelo (E_s) en bosques húmedos tropicales es usualmente despreciable. Es importante hacer la distinción entre transpiración (E_t) y evaporación del dosel húmedo (E_i), porque el primero es gobernado en gran parte por el control estomático y el ultimo principalmente por las propiedades aerodinámicas de la vegetación (Bruijnzeel, 2010).

La humedad que permanece en el suelo drena hacia la red hídrica por flujo subsuperficial. El agua que percola dentro del suelo hasta una capa impermeable del material parental drena como flujo lateral (flujo subsuperficial) Tal cantidad de agua drena lenta y continuamente, siendo contabilizada para el flujo base de las corrientes (Bruijnzeel, 2010).

Balance hídrico

La evaluación de los recursos hídricos de un área requiere de una estimación correcta del balance hidrológico, es decir, comprender el ciclo hidrológico en sus diferentes fases; la forma en que el agua se recibe por precipitación y se reparte entre el proceso de evapotranspiración, escorrentía e infiltración. El balance hidrológico podemos deducir el estado de humedad de una cuenca, la cual está asociada al aporte de la precipitación recibida, descontando las pérdidas generadas (Carchi, 2015).

Balance hídrico de una cuenca

Se encuentran en función de las entradas y salidas del recurso hídrico. Las entradas posibles son: precipitación, en forma de lluvia; nieve o granizo; precipitación horizontal, en forma de condensación de la humedad atmosférica y aguas subterráneas provenientes de los acuíferos del entorno de la cuenca. Las salidas posibles de aguas son: evapotranspiración, que sucede por la función de transpiración de la vegetación, que incluyen a todos los árboles y demás plantas; y su evaporación, como también la del suelo y de la superficie líquida de la red de drenaje; caudal efluente, que se utiliza para el aprovechamiento y aguas subterráneas, que por infiltración profunda van alimentar acuíferos que aportan sus aguas a otras cuencas (Jaramillo, 2018).

Secretaría nacional del agua encargada del recurso hídrico.

De acuerdo a la Constitución de la República del Ecuador del año 2008 es competencia exclusiva de la Secretaría Nacional del Agua todo cuanto esté relacionado con este elemento vital; así como es competencia de los gobiernos regionales el manejo y ordenamiento de las cuencas hidrográficas en coordinación con los gobiernos autónomos descentralizados provinciales y los GAD cantonales; no obstante, las universidades tienen toda la capacidad para investigar y desarrollar proyectos en el campo de las cuencas hidrográficas (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008).

Leyes del objeto de estudio

El Ecuador cuenta con la siguiente legislación y normativa en la que está inmersa esta actividad técnica objeto de estudio:

- Constitución de la República del Ecuador 2008
- Código Orgánico del Ambiente
- Reglamento al Código Orgánico del Ambiente
- La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamientos del Agua
- Reglamento a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamientos del Agua
- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria
- Ley orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales

Materiales y métodos

Localización del área de estudio

Ubicación de la investigación

La cuenca hidrográfica del río Jipijapa se encuentra ubicada en la parte Sur-Occidental de la provincia de Manabí está limitada: al Norte por el subsistema montañoso Cerro Corralitos – Cuchilla de la Cuesta; al Sur el subsistema montañoso La Crucita del alta-Mero Seco; al Este la Cordillera de Balzar, al oeste la cordillera costanera y el océano pacifico. (I.G.M, 1971)

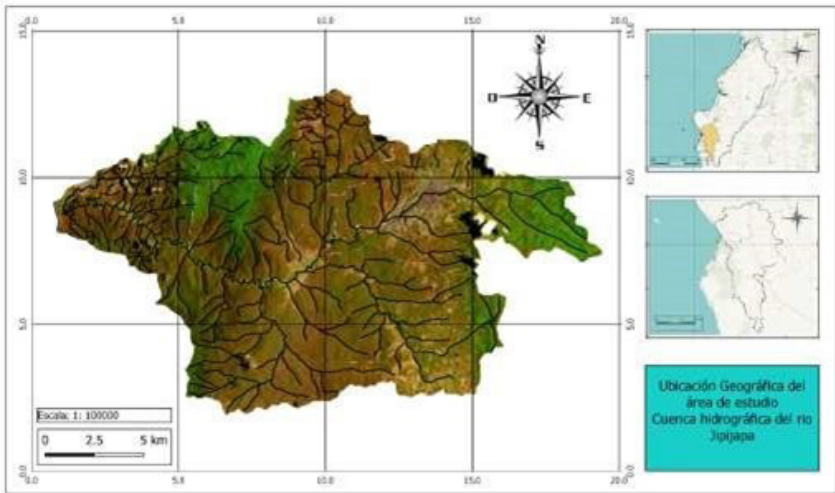
Localización Geográfica (WGS84-UTM 17S)

X: 547450 X: 555020 X: 529144 Y: 9841014 Y: 9848235 Y: 9849908

Altitud: 0 a 732 m.s.n.m.

Figura 1.

Localización del área de estudio (cuenca hidrográfica del río Jipijapa).



Caracterización del área de estudio:

La composición de un tipo de bosque está determinada por factores ambientales: posición geográfica, clima, suelos y topografía; así como por la dinámica del bosque y la ecología de sus especies, influenciada por el régimen hídrico del suelo.

Clima: En general la subcuenca presenta un clima Tropical Megatérmico Seco con una precipitación anual de 340.5 mm de lluvia de acuerdo con la

Estación Joa, con una temperatura de 24 a 29°C y una humedad relativa al 60%. (Instituto Espacial Ecuatoriano, 2012).

Formación Geológica: La geología de esta área corresponde a la Formación Joa (IGM, 1971).

Geomorfología: En la parte más alta corresponde a una estructura ligada al conjunto morfoestructural cordillera costanera, geosinclinal; la parte media, corresponde a una cobertura sedimentaria terciaria, en bloques fallados; y la parte baja, constituye un sistema morfogenético con acciones fluviales del cuaternario actual (I.G.M, 1971).

Suelos: Los suelos de la Subcuenca Estero Hondo corresponden en la parte más alta, a la clasificación taxonómica: Vertic ustropept y/o ustert; en la parte media, la clasificación taxonómica es Paralithic Vertic ustropept; en la parte más baja la taxonomía corresponde a la clasificación: Fluventic Eutropept y Vertic Eutropept (I.G.M, 1971).

Formación ecológica: De acuerdo a la clasificación de Rodrigo Sierra adoptada por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, la subcuenca Estero Hondo, corresponde al tipo de formación vegetal Bosque Semideciduo de Tierras Bajas y en las partes altas de la Subcuenca se identifica la formación Bosque Siempreverde Pie Montano de la cordillera de la costa (Sierra, 2013).

Enfoque de la investigación

En el presente estudio el enfoque es de carácter cuantitativo, fundamentado en un proceso secuencial y probatorio de la hipótesis formulada.

Contexto de la investigación

Descriptivo puesto que es necesario conocer los parámetros ligados a la climatología y la meteorología relacionados con los registros compilados por la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio puntualmente en la superficie de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa en el periodo 2008 – 2018.

Casos, universo y muestra.

Unidad o caso: Déficit hídrico en la cuenca del río Jipijapa.

Universo: Sistema hidrográfico Jipijapa.

Muestra: 229,82 km² de la Cuenca hidrográfica del río Jipijapa.

Diseño utilizado

Para concluir con los objetivos propuestos en la investigación se definió un diseño de carácter: No experimental, transversal, descriptivo, caracterizado por un proceso de registro, procesamiento y tabulación de datos en un tiempo definido.

Fórmula del balance hídrico superficial.

Se obtiene cuando las variables de precipitación y evapotranspiración estén calculadas para proceder a emplear la siguiente fórmula del balance hídrico: *Captación - Evapotranspiración = Escorrentía Superficial (excedente) + Infiltración (déficit)* (Tabla 6) Ordoñez (2011).

Procedimiento

Para realizar la investigación, por su complejidad fue necesario empezar con una recopilación bibliográfica y posteriormente ingresar a sistemas de información geográfica con recursos ligados a la teledetección. Para obtener los registros de precipitación, temperatura, horas de insolación entre otros (Cantos, 2019) fue necesario recurrir a los archivos tecnológicos de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del espacio (NASA); Organismo científico que cuenta con una base de datos ubicados en una página denominada “Predicción de Recursos Energéticos Mundiales” (Ziegler, 2018) y utilizando coordenadas de un punto determinado, en este caso el Cantón Jipijapa se solicitó los datos diarios de la agro-climatología y del área de estudio; los mismos que luego fueron transformados a meses y años (Stackhouse, 2016). De esa manera se obtuvo los parámetros climatológicos y meteorológicos como las horas de sol, la precipitación, la temperatura.

Posteriormente se procedió a calcular las medias de temperatura para aplicar el método de Thornthwaite y así obtener la evapotranspiración, la salida de la precipitación, entre otros; para posteriormente aplicando la fórmula de continuidad en la cuenca hidrográfica definir el balance hídrico superficial y de esta manera constatar los excedentes y déficit hídricos existentes en el área de estudio, los cuales fueron esquematizados en un cuadro de resultados. Para la obtención de las características fisiográficas se recurrió al Instituto Geográfico Militar y se pudo acceder a los datos vectoriales de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa (Díaz et al, 2000).

Para la elaboración de la cartografía temática fue necesario la utilización de Sistemas de Información Geográfica con el objetivo de conseguir imágenes satelitales las mismas tales como Landsat 8 y Sentinel 1, Sentinel 2, y

Sentinel 3, cuya aplicación permitió la obtención de los mapas de la cuenca (Duque et al, 2019).

Las características hidrológicas de la cuenta del presente estudio son descritas en términos de las siguientes propiedades: área, forma, relieve, medidas lineales, y patrones de drenaje.

Materiales utilizados

Programa de software

SAS planet, Quantum GIS, google earth, Internet

Material de escritorio

Laptop, Cámara, libreta de apuntes

Material de campo

Mochila, Machete, GPS (“Global Positioning System”)

Resultados

Con la información hidrometeorológica se procedió al cálculo de los parámetros que nos llevan a evaluar el balance hídrico superficial de la cuenca del Río Jipijapa:

Sintetizar la información climatológica y meteorológica disponible de los años 2008 al 2018 para analizar los parámetros de entrada y salida del recurso hídrico en la cuenca del río Jipijapa.

En base al primer objetivo se sintetizan los parámetros de precipitación temperatura y evapotranspiración.

Se aprecia en la tabla 1 que la mayor precipitación promedio se encuentra en el mes de febrero y los meses más secos van de junio a diciembre; además la precipitación anual obtenido en el área de estudio de 11 años es de 644,6 mm como se aprecia en la tabla 1 y figura 2.

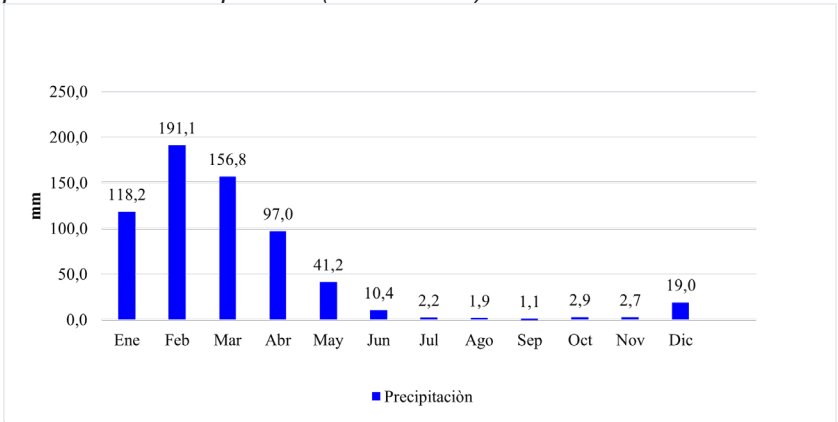
Tabla 1.

Valores de los promedios anuales de precipitación del periodo (2008 – 2018) de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	total A	\bar{X} . mensual
2008	190,6	290,9	247,0	99,3	16,4	3,5	2,4	3,3	1,8	0,8	0,9	3,1	860,1	71,7
2009	71,0	137,8	66,9	2,5	3,3	2,0	1,3	4,4	0,5	0,6	0,6	5,2	296,1	24,7
2010	62,5	142,7	151,5	115,1	13,9	34,3	5,6	1,4	1,8	3,2	5,7	91,5	629,2	52,4
2011	55,5	123,4	27,8	151,6	2,9	12,5	6,0	7,5	2,2	0,8	1,2	4,4	395,9	33,0
2012	235,0	440,1	321,4	99,8	78,5	9,0	0,5	0,7	0,2	1,3	2,3	5,1	1193,8	99,5
2013	163,0	161,0	285,2	101,5	13,0	2,0	1,2	0,5	0,4	4,2	0,3	6,3	738,7	61,6
2014	111,5	72,7	26,6	9,5	104,3	11,8	0,8	0,8	1,9	4,1	5,4	8,3	357,6	29,8
2015	53,5	75,6	110,4	118,6	62,9	29,0	4,6	0,1	0,8	8,1	9,6	23,4	496,5	41,4
2016	158,2	130,8	125,4	111,3	10,4	2,0	0,7	0,2	1,8	0,4	1,0	1,6	543,5	45,3
2017	173,0	254,3	294,3	213,4	116,6	7,8	0,3	0,9	0,3	7,5	0,5	17,9	1086,7	90,6
2018	27,0	272,4	68,8	44,6	31,4	0,3	1,3	0,8	0,9	0,6	2,5	41,8	492,2	41,0
Total	1301	2102	1725	1067	454	114	25	21	13	32	30	209	7090	591
\bar{X} A	118,2	191,1	156,8	97,0	41,2	10,4	2,2	1,9	1,1	2,9	2,7	19,0	644,6	53,7

Figura 2.

Precipitación anual del periodo (2008 – 2018).



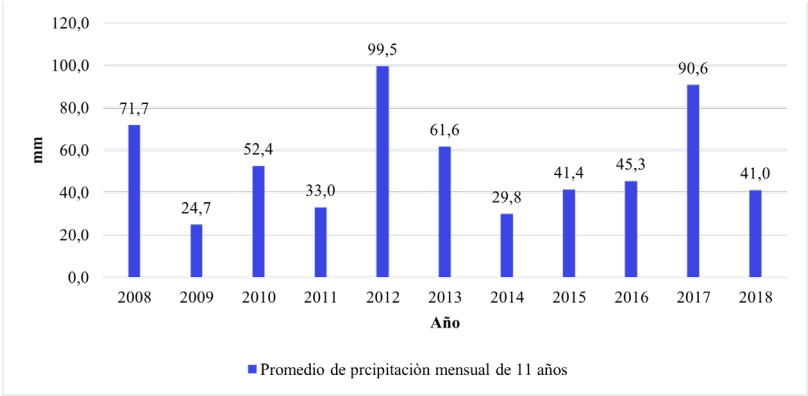
Promedio de precipitación mensual del periodo 2008 – 2018.

En la figura 3 se aprecia el comportamiento de la precipitación de los periodo de estudio (2008 – 2018) siendo los años con altas precipitaciones en

el año 2012 y 2017 y el año de menor precipitación 2009, además el promedio de precipitación mensual de 11 años es de 53,7 mm.

Figura 3.

Promedio de precipitación mensual de 11 años en la cuenca del río jipijapa.



Promedio mensual de temperatura del periodo 2008 – 2018

Los promedios mensuales de temperatura como resultado durante los once años es de 24,4 °C en la tabla 3 se aprecia el resultado, en la figura 4 muestra alta temperatura en el mes de marzo con 25, 4 °C de ello epieza a descender hasta el mes de octubre la cual empieza a ascender en el mes de noviembre y diciembre.

Tabla 2.

Valores de temperatura representados en grados centígrados del periodo (2008 – 2018).

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	anual
2008	24,4	24,8	25,0	24,3	23,3	23,4	23,9	23,6	23,4	23,1	23,2	24,2	23,9
2009	24,9	25,0	25,0	25,0	24,9	24,5	24,1	24,1	23,2	23,6	23,9	25,0	24,4
2010	25,3	25,9	25,7	25,7	25,0	24,0	23,3	23,0	23,0	22,9	22,9	23,5	24,2
2011	24,6	25,3	25,5	24,9	25,2	24,4	24,4	23,5	22,9	22,5	22,8	24,2	24,2
2012	24,7	24,9	25,1	24,9	24,7	24,2	23,3	23,1	23,4	23,4	23,8	24,6	24,2
2013	25,0	25,0	24,9	24,2	24,7	23,6	23,0	23,0	23,4	23,4	23,8	24,3	24,0

2014	25,2	25,2	25,7	26,0	23,2	25,1	24,7	24,1	23,5	24,2	24,0	24,7	24,6
2015	25,1	25,5	26,0	26,1	25,3	26,0	25,5	24,6	25,1	25,0	25,0	26,5	25,5
2016	26,0	26,2	26,3	25,7	26,2	25,2	24,5	23,9	24,0	23,3	23,1	24,8	24,9
2017	25,4	25,8	26,0	25,3	24,9	24,1	23,7	23,5	23,7	23,7	23,3	24,2	24,5
2018	25,0	25,2	24,9	24,9	25,0	23,6	23,8	23,8	23,7	23,4	24,4	24,6	24,3
mes	25,1	25,3	25,4	25,2	24,7	24,4	24,0	23,6	23,6	23,5	23,6	24,6	24,4
x													

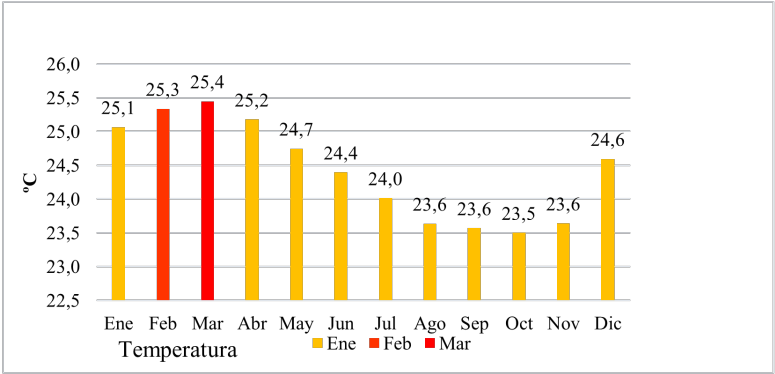


Figura 4.

Distribución anual de la ocurrencia de temperatura media en el periodo (2008 - 2018) en la cuenca del río Jipijapa.

Evapotranspiración calculada mediante el método Thornthwaite

La evapotranspiración anual promedio se caracteriza por poseer valores muy bajos con excepción del año 2015 que alcanzó un valor de 186 mm. Los resultados de la evapotranspiración se presentan en Cm/mes debido al cálculo mediante el método de Thornthwaite, procediendo a la conversión de milímetros dio como resultado en mm anual un promedio de 161,8 mm. Tabla 3

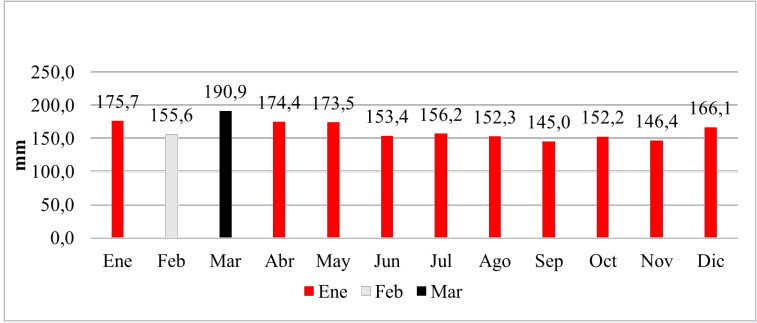
Valores de evapotranspiración calculados mediante el método de Thornthwaite del periodo (2008 – 2018).

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	mes
2008	15,6	15,2	17,7	15,7	13,7	13,4	15,4	14,8	14,0	14,5	14,4	16,6	15,1
2009	17,2	14,9	18,6	17,7	18,1	15,9	16,2	16,0	13,8	15,7	15,1	18,1	16,5

2010	18,5	16,2	19,8	18,5	18,0	14,3	14,4	14,0	13,4	14,5	12,7	14,6	15,7
2011	17,2	16,7	19,7	16,7	16,7	15,4	16,3	15,7	13,5	13,9	13,5	12,1	15,6
2012	16,5	15,4	17,9	16,8	16,9	15,2	14,7	14,4	14,7	15,2	15,3	17,8	15,9
2013	16,9	14,5	17,3	14,9	13,6	13,4	13,6	14,5	14,8	15,0	14,8	17,3	15,1
2014	17,6	14,9	20,6	19,1	18,1	16,8	17,0	15,7	14,0	16,1	14,9	17,6	16,9
2015	17,7	16,0	20,5	19,6	20,6	19,2	19,0	16,8	17,3	17,9	16,8	22,1	18,6
2016	19,8	16,8	20,8	18,2	20,9	17,7	16,4	15,9	14,7	14,5	14,0	13,0	16,9
2017	18,2	16,2	19,3	17,6	16,8	13,7	14,2	14,5	14,6	15,5	13,7	16,3	15,9
2018	18,2	14,5	17,7	17,1	17,2	13,7	14,7	15,3	14,7	14,6	15,8	17,3	15,9
\bar{x}	17,6	15,6	19,1	17,4	17,3	15,3	15,6	15,2	14,5	15,2	14,6	16,6	16,2
total	175,7	155,6	190,9	174,4	173,5	153,4	156,2	152,3	145,0	152,2	146,4	166,1	

Figura 5.

La evapotranspiración presenta un promedio anual 161,8 mm.



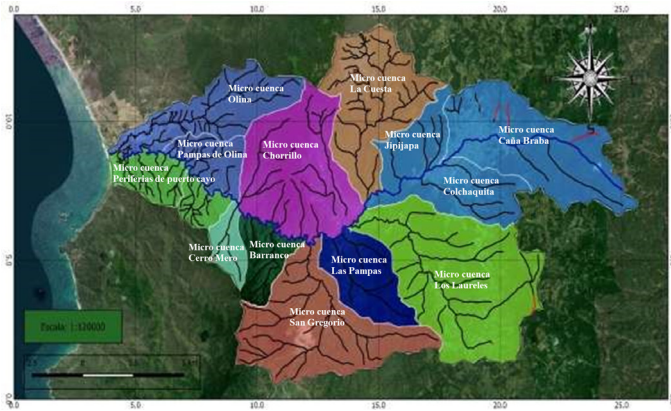
Aplicación de herramientas relacionadas con sistemas de información geográfica para definir la fisiografía de la cuenca del río Jipijapa.

Características fisiográficas de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa

Con fines de realizar el estudio hidrológico, la cuenca del río Jipijapa se subdividió en 9 subcuencas, de acuerdo a la importancia de sus tributarios en la figura 6 se muestran las subcuencas

Figura 6 .

Red de drenaje de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa.

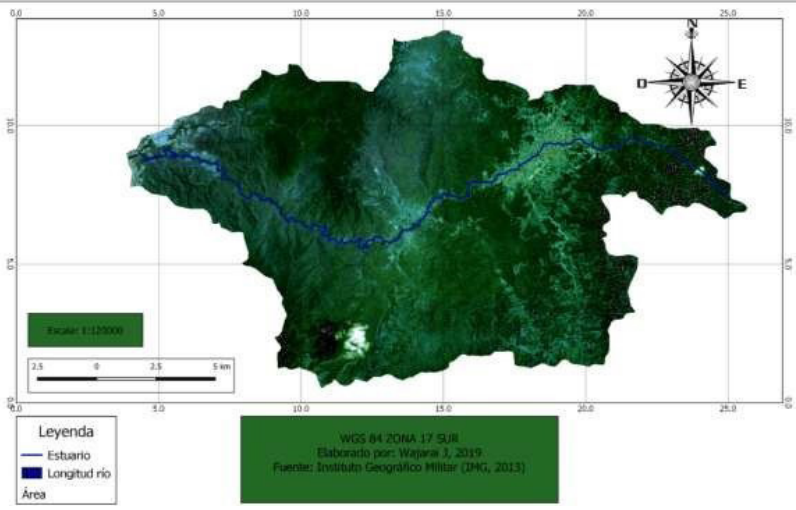


Longitud y Forma de la Cuenca

La cuenca del río Jipijapa tiene un área de drenaje de 229,82 km² y una longitud de 31.66 km; son las propiedades de la cuenca más importante. La cuenca es delimitada por la unión de puntos altos que separan los drenajes en salidas diferentes. Se determina entonces que, a mayor área de cuenca, mayor cantidad de escorrentía superficial y, consecuentemente, mayor flujo superficial. La longitud de cuenca (o longitud hidráulica) es la longitud medida a lo largo del curso de agua principal.

Figura 7.

Área, longitud y Forma de la Cuenca del río Jipijapa.

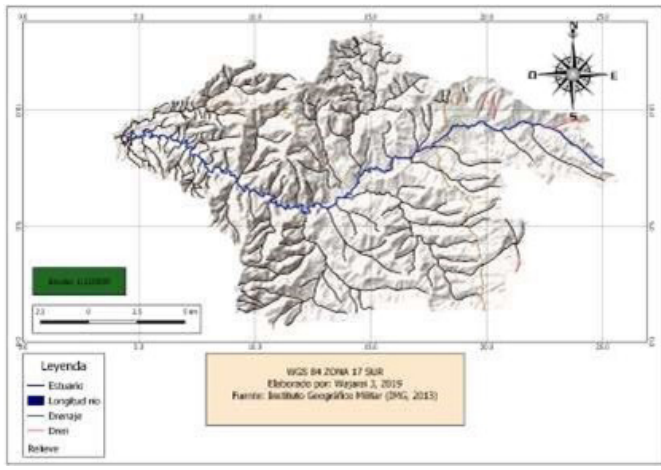


Orden de ríos y tributarios

El orden de corriente de una cuenca está directamente relacionado a su tamaño. cuencas grandes tienen órdenes de corriente de 10 o más. Por lo tanto el río Jipijapa es pequeña y mantiene un orden de tributario en menor grado, (observar figura 8).

Figura 7.

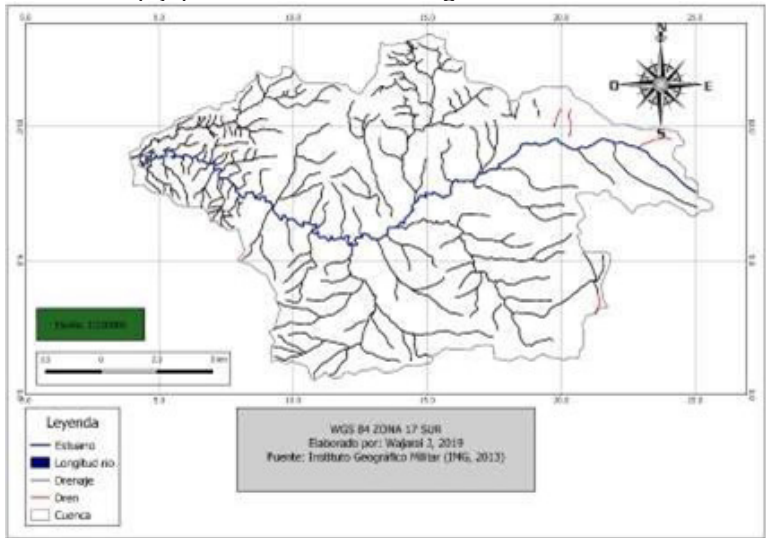
Relieve de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa



La fisiografía de la cuenca hidrográfica está conformada por redes hí-dricas intermitentes sin agua durante el verano y alta escorrentía en invierno por un corto periodo. La red de drenaje disminuye en algunos sectores de la cuenca del río Jipijapa, (observar figura 9)

Figura 8.

Tributarios del río Jipijapa en la cuenca hidrográfica.



Determinar el balance hídrico superficial de la cuenca del río jipijapa mediante el método de Thornthwate

En la tabla 5 de balance hídrico describe que en el mes de febrero hay excedentes de 35,4 mm y el resto de meses siguientes presentan déficit, la evapotranspiración se mantiene en promedio por las condiciones de temperatura que no varía a gran escala siendo el promedio de 24,4 °C, es la causa principal que el balance hídrico superficial sea negativa con un déficit promedio de 111 mm y exceso de 2,5 mm en la figura 9 se aprecian el comportamiento del balance hídrico superficial.

Tabla 4.

Valores del balance hídrico superficial de la cuenca hidrográfica río Jipijapa.

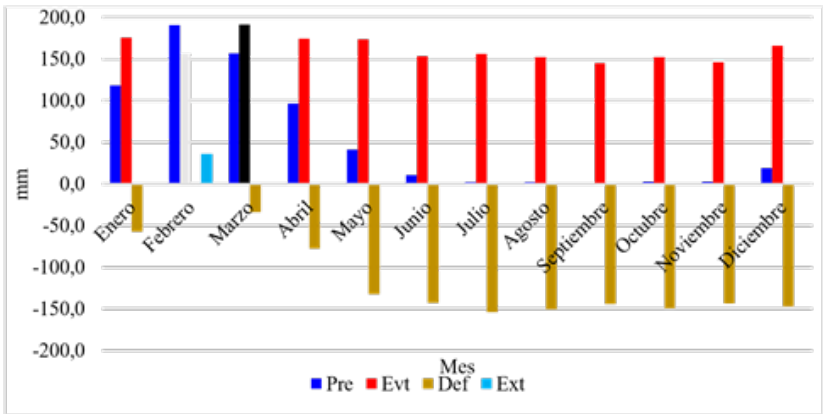
mes	Pre	Evt	Def	Ext
Enero	118,2	175,7	-57,5	0
Febrero	191,1	155,6	0,0	35,4

Marzo	156,8	190,9	-34,1	0
Abril	97,0	174,4	-77,4	0
Mayo	41,2	173,5	-132,2	0
Junio	10,4	153,4	-143,0	0
Julio	2,2	156,2	-154,0	0
Agosto	1,9	152,3	-150,4	0
Septiembre	1,1	145,0	-143,8	0
Octubre	2,9	152,2	-149,3	0
Noviembre	2,7	146,4	-143,6	0
Diciembre	19,0	166,1	-147,2	0
			- 111,0	2,5

Nota: Pre = precipitación; Evt = evapotranspiración; Def = déficit; ext = excedente, El balance hídrico superficial

Figura 9.

El balance hídrico Superficial del periodo (2008 – 2018)



Discusión

En este proyecto para conseguir mayor precisión anual y mensual con mejores resultados se aplicó la base de datos denominada predicción de recursos energéticos mundiales, Administración Nacional de la Aeronáutica y del espacio (NASA). (Jaramillo 2017) en su Propuesta de manejo ambiental de la cuenca alta del río Jipijapa empleo como herramientas de trabajo: El registro de valores meteorológicos mensual y anual en la estación la naranja hasta el año 2012 y el registro de precipitaciones de la estación Andíl – UNE-SUM que empezó a funcionar del 2012 en adelante; (Chilan, 2018); de igual manera, en su estudio: Impactos de la Deforestación en la cuenca Alta del río Ayampe de la provincia de Manabí, se valió de los registros de valores meteorológicos mensual y anual en la estación “Pedro Pablo Gómez” y la estación “Julcuy” que dejó de funcionar en el periodo del 82 al 84 y desapareció a partir del año 1990.

Utilizando como herramientas el sistema de información geográfica y la teledetección se georreferencio la cuenca del río Jipijapa. El programa de software que se utilizo es QGIS que bajo una serie de datos vectoriales del instituto geográfico militar e imágenes satelitales Landsat 8 y Sentinel 2 y 3 se diseñó la cuenca y sus principales redes de drenaje, obteniendo un área de 253.92 km²; que coincide con el valor calculado en la propuesta del Consejo Nacional de Recursos Hídricos y el grupo interinstitucional que en el documento titulado división hidrográfica del Ecuador de agosto del 2002 afirman que la cuenca hidrográfica del río Jipijapa abarca un área de 254 km². No obstante en la investigación de Franklin Rayo titulada “Caracterización de la cuenca hidrográfica de río Jipijapa” publicada el 23 de abril del 2018 empleando el software Arcgis, tan solo obtuvo como valor total de la superficie de la cuenca del río Jipijapa 218,52 km², esto se debe a la maniobra del programa software (Villalva C., 2017) en su investigación “Caracterización hidrogeológica de la Subcuenca Cantagallo – Jipijapa mediante la aplicación de sondeos eléctricos verticales” reportó excedentes de agua en los meses de Enero a Abril; (Rayo, 2018) en su investigación, “Caracterización de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa, descubriendo los balances hídricos por cada estación meteorológica como: Joa – Jipijapa M0455 con un alto excedente en el mes de febrero 18,42 mm anuales y Puerto – Cayo en el mes de febrero 9.6 mm anuales sin embargo en la presente investigación se presentaron excedentes en el mes de febrero con 35,4 mm anuales.

Conclusiones

La investigación titulada análisis del balance hídrico superficial de la cuenca del río Jipijapa concluye con lo siguiente:

- Se sintetizó la información meteorológica disponible del periodo (2008 – 2018) para determinar las precipitaciones de la cuenca del río Jipijapa recurriendo a la administración nacional de la aeronáutica y del espacio que cuenta con un sistema de base de datos denominada predicción de recursos energéticos mundiales donde fue necesario las coordenadas de la respectiva cuenca donde se realizó la investigación, observándose que la precipitación media anual del periodo 2008 – 2018 es de 644,6 mm, y un promedio mensual durante los 11 años de 53,7 mm, tomando en cuenta que las precipitaciones más intensas fueron en los años 2012 y 2017.
- Con los sistemas de información geográfico se definió la fisiografía de la cuenca del río Jipijapa cuya forma predominante va de oblonga a rectangular – oblonga, lo que la caracteriza como una cuenca con una tendencia que va de pequeña a mediana en relación a la formación de crecidas, concluyéndose que por su forma la cuenca del río Jipijapa no presenta gran peligrosidad aun en periodos de gran torrencialidad; además por ser una cuenca con un área pequeña se disminuyen los peligros relacionados con la torrencialidad.
- El método de Thornthwaite nos permitió la determinación del balance hídrico superficial de la cuenca durante el periodo de análisis, permitiendo constatar que los meses de déficit hídrico son casi todos con excepción del mes de febrero en el que históricamente ha existido un excedente, este detalle presenta porque la temperatura influye a gran escala en la evapotranspiración los cuales están directamente relacionados a las horas de exposición a la radiación solar con un promedio de 24,4 °C, en los 11 años a diferencia de la precipitación que en los meses de febrero son altas y bajas

Recomendaciones

- Es necesario la instalación de varias estaciones meteorológicas de primer orden para así poder obtener datos confiables para posteriores investigaciones; por lo menos debería de existir tres estaciones en la cuenca alta, dos estaciones en la cuenca media y una estación en la cuenca baja.
- Que los estudios de las cuencas hidrográficas sean una herramienta de aplicación técnica y metodología para profundizar sobre el conocimiento del comportamiento de este recurso tan importante en el desarrollo de una ciudad o región.

Referencias bibliográficas

- Asamblea Nacional de la Republica del Ecuador. (2008). *Constitucion de la Republica del Ecuador*. Quito: Asamblea Nacional.
- Baque del Valle, T. E. (2000). *Diagnostico de la situacion actual de la cuenca del rio Jipijapa*. Jipijapa: UTM.
- Bruijnzeel, S. (2010). *Hidrología de las plantaciones forestal en los tropicos*. Medellin: Universidad Nacional de Colombia.
- Cantos, G. (2019). *Variabilidad espacio-temporal de sequías meteorológicas en el cantón jipijapa (ecuador)*. Madrid: Alcalá de Henares.
- Carchi, E. (2015). *Elavoracion de un Balance Hidrico de la cuenca del rio Machangara*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Chilan, J. (2018). *Impactos de la deforestacion en la cuenca alta del rio Ayampe de la provincia de Manabí*. Jipijapa - Manabí.
- CUOM. (2013). *Manual operativo para la utilizacion del sistema de informacion geografica Quantum GIS 1.8*. Mexico: Coordinacion Universitaria de Observatorios Metropolitanos.
- Delgado, M. I., & Gaspai, F. J. (2010). Caracterizacion morfometrica geoespacial. Estudio de caso: Arroyo Belisario, Argentina. *Tecnociencia Chihuahua*, 4(3), 154-163.
- Díaz et al, D. K. (2000). *Estimación de las características fisiográficas de una cuencacon laayuda de SIGy MEDT: caso del curso alto*. Estado de México.

- Duque et al, S. R. (2019). Estimación del balance hídrico de una cuenca andina tropical. *Ciencias de la Vida*, 59.
- FAO. (2011). *Los Bosques del Mundo en Cifras*. Roma: Redacción M&M.
- FAO. (2016). *El Estado de los bosques del mundo 2016*. Roma: FAO.
- Garcés. (2011). Paradigmas del conocimiento y sistemas de gestión de los recursos hídricos: La gestión integrada de cuencas hidrográficas. *RE-DESMA*, 5(1), 29-41.
- González. (2013). *Cálculo del balance hídrico a nivel de suelo en la zona agrícola de la cuenca Pelikanbay en la isla Santa Cruz-Galápagos, Ecuador*. Quito: Quito 2013.
- I.G.M. (1971). *Cartas temáticas del Canton Jipijapa*. Quito: Instituto Geografico Militar.
- IGM. (1971). *Mapa Geologico Jipijapa*. Quito: Instituto Geografico Militar .
- INAB. (2005). *Programa de Investigación Forestal* . Guatemala : Instituto Nacional de Bosques.
- Instituto Espacial Ecuatoriano. (2012). *“Generación de geoinformación para la gerstión del territorio a nivel nacional escala 1:25.000”*. Quito: IEE.
- Jaramillo. (2018). *Desarrollo de un software para el cálculo del balance hídrico en cuencas hidrográficas*. Loja - Ecuador.
- Jaramillo, M. (2017). *Propuesta de manejo ambiental para la cuenca alta del rio Jipijapa*. Jipijapa: UNESUM.
- Lopez, J. (2009). *Glosario de definiciones y terminos relativos al medio ambiente al manejo ferestal*. La Paz: SIFOR/BOL.
- Monterrosas, A. (2008). Gestión de cuencas hidrográficas: experiencias. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 4(3), 313-325.
- Montes, P. R. (2015). *La evaporación*. Maracaibo: “Ministerio del Poder Popular para la Educación UniversitariaInstituto Universitario Politécnico “Santiago Mariño”. Ordoñez, G. J. (2011). *Ciclo Hidrológico*. Lima: Zaniel I. Novoa Goicochea.
- Perez, J. (2018). *Definición de insolación*,. Obtenido de (<https://definicion.de/insolacion/>).
- Pín. (2018). *“Modelación hidrológica de la cuenca del Río Jipijapa, cantón Jipijapa de la provincia de*. Jipapa.

- Rayo, F. (2018). *Caracterización de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa*. Jipijapa.
- Rome. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Serie de Riego y Drenaje de la FAO No. 56*. Allen, R. G.; Luis S., Pereira; Dirk, R.; Martin, S. Obtenido de FAO.ORG: <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm>
- Sánchez, R. D. (2013). *Paisaje y evaluación ambiental*. Viena: University of Natural Resources and Applied Life Sciences.
- SENAGUA. (2012). *Resumen del Plan Nacional de Gestión Integrada e Integral de los Recursos*. Ecuador .
- Senplades. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017*. Quito: SENPLADES.
- Sierra, R. (2013). *Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. Y un acercamiento a los próximos 10 años*. Quito: Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends.
- Stackhouse, J. P. (2016). *An Assessment of New Satellite Data Products for the Development of a Long-term Global Solar Resource at 10-100 km* . San Francisco, CA, USA.: ASES National Solar Conference .
- Teran, G. (2017). *Hidrología para obras hidráulicas* . Lima: Diplomado presencial Virtual .
- Villalva, C. (2017). *Caracterización hidrogeológica de la subcuenca cantagallo-jipijapa mediante la aplicación de sondeos eléctricos verticales. (Trabajo de grado)*. Quito: Universidad central del Ecuador, Quito.
- Wikipedia. (30 de Septiembre de 2019). *wiki/QGIS*. Obtenido de wiki/QGIS: <https://es.wikipedia.org>
- Ziegler, G. J. (2018). *Usage of NASA's near real-time solar and meteorological data for monitoring building energy systems using retscreen international's performance analysis module*. Canada: Science Systems & Applications Incorporated.

Anexos

ANEXO 1. Visita a varios sitios de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa



1: Sitio Andil; 2: Sitio Joa; 3: Sitio Olina; 4: Sitio La Pita; 5: Sitio de la planta de aguas residuales (Joa) y 6: Pto. Cayo.

EVALUACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

para una gestión sostenible

Capítulo 6

Acciones para el manejo integral de
la parte alta de la cuenca
hidrográfica del río Jipijapa con vistas
a su conservación y usos sostenible.

AUTORES: Jesús Pinargote Choez, Roger Javier Figueroa Parrales, Anthony Adrián Tubay Chávez



Resumen

Las cuencas de generación se caracterizan por ser frágil y vulnerables puesto que presenta severos niveles de intervención antrópicas que han provocado la degradación de sus recursos naturales. El presente estudio se realizó con el objetivo de proponer acciones para el manejo integral de la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa con vistas a su conservación y usos sostenible. La metodología empleada cataloga el estudio como una investigación de carácter cualitativo, transeccional de tipo descriptivo; puesto que analiza el fenómeno de la degradación en su entorno natural. El principal resultado obtenido es el mapa de zonificación de la cuenca alta en función de la cobertura actual del suelo, identificándose las unidades: bosque natural, bosque intervenido, zona cafetalera arbórea, zona agrícola y pastos. La principal conclusión consiste en identificar el estado de degradación de los recursos de la cuenca lo que constituye la base para la elaboración de una propuesta de conservación y uso sostenible para mejorar las condiciones naturales del área de estudio.

Palabras clave: conservación, cuenca alta, degradación, zonificación.

Introducción

Ante el grave deterioro ambiental y los evidentes efectos del cambio climático, el concepto de cuencas hidrográficas ha recobrado importancia en el contexto mundial como una vía idónea para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la disminución de riesgos de desastres. Una de las principales causas de esta situación es el desconocimiento de los conceptos y principios del enfoque de manejo integral de cuencas con pensamiento sistémico, tan necesario para detener o revertir su deterioro (López, 2014). Las cuencas altas de las montañas tropicales, en general presentan condiciones tales como: altas pendientes, agresividad climática y suelos jóvenes, lo que les confiere una alta fragilidad ambiental (Mejía, Del Pozzo, Montilla, & Torres, 2010).

Los problemas que presentan las cuencas son múltiples, el que causa mayor preocupación es: la degradación de los suelos, que provoca la disminución de la productividad de los cultivos y preocupantes alteraciones del ciclo hidrológico (Pin, 2018). El daño causado a las cuencas de generación con pendientes irregulares y escarpadas, se hace cada vez más evidente debido a que los fenómenos climáticos son cada vez más intensos e irregulares debido al cambio climático (Portuguez, 2015).

En Ecuador el Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, en su objetivo 7, garantiza los derechos de la naturaleza y establece como política: aplicar mecanismos integrales y participativos de conservación, preservación, manejo sustentable, restauración y reparación integral de las funciones de las cuencas hidrográficas, con criterios de equidad social, cultural y económico (Senplades, 2013); además, en el Plan Nacional 2017-2021, expresa que: todos los ecosistemas generadores de agua como las cuencas altas, deben ser consideradas como prioritarias para su conservación y uso sostenible, con la tendencia a incrementar las áreas destinadas a proteger las fuentes de agua, consolidando un enfoque de gestión integral de los recursos hídricos (Senplades, 2017).

La conservación, el uso y el aprovechamiento sostenibles de los bienes y servicios ambientales que proveen de alguna manera las diferentes cuentas hidrográficas, han adquirido una gran prioridad en el caso de muchos países, con el fin de satisfacer las necesidades de una población que se incrementa en progresión geométrica (FAO, 2007). Uno de los desafíos más graves del mundo actual es la crisis del agua; en efecto, en el siglo pasado la demanda mundial por los recursos hídricos se multiplicó por seis mientras que la población del planeta se triplicó; de no mejorar la gestión del agua y los ecosistemas conexos, se estima que para el año 2025 dos tercios de la población mundial padecerá problemas de déficit hídrico, con escasez que va de grave a moderada (Martínez & Villalejo, 2018).

Si la tendencia actual persiste a nivel mundial, la calidad del agua seguirá deteriorándose; en particular, en los países pobres en recursos por poseer zonas áridas, poniendo aún más en peligro la salud humana y los ecosistemas, contribuyendo a la escasez del agua y limitando el desarrollo sostenible (WWAP, 2017). Un estudio realizado por la organización “The Nature Conservancy” titulado: Más allá de la fuente: los beneficios ambientales, económicos y sociales de la protección de las fuentes de agua, determinó que: el 40% de las áreas de las cuencas hidrográficas del mundo muestran algún tipo de degradación (El Diario, 2017).

En la provincia de Manabí se encuentran 22 cuencas hidrográficas. El relieve está caracterizado por la presencia de las cordilleras costaneras que separan las pequeñas cuencas occidentales de los ríos del litoral. Las cuencas existentes totalizan una superficie de 11 055 km²; las más grandes son: la del río Carrizal-Chone con 2 267 km², Río Chico-Portoviejo con 2 060 km² y Jama con 1 308 km². Las cuencas deficitarias se concentran en los sistemas hidrográficos: Jama, Portoviejo, y Jipijapa; dentro de las cuales preocupa la cuenca del río Jipijapa por evidenciar un marcado déficit hídrico (Gad Manabí, 2015).

La cuenca del río Jipijapa constituye un sistema ecológico de alta fragilidad, en la que se evidencian fragmentaciones causadas por: cambios de uso de suelo para la agricultura, procesos intensos de deforestación que provocan erosión y degradación ambiental con los consecuentes impactos ambientales negativos y sus efectos se caracterizan por: el cambio en los patrones del flujo del agua y la marcada escasez de suministro hídrico para las próximas generaciones (Jaramillo, 2017).

Considerando la problemática de la cuenca del río Jipijapa, se justifica el presente proyecto por la imperiosa necesidad de realizar investigaciones dirigidas al manejo integral de la misma, como una contribución a impulsar el desarrollo del cantón y mejorar las condiciones y calidad de vida de la población inmersa en el área de estudio; además por su potencial agropecuario de riego y ecoturístico y la capacidad del aprovechamiento del agua al interior y fuera de la cuenca para no perder oportunidades de desarrollo y evitar que se acentúen la pobreza y la degradación ambiental en el área del proyecto.

Objetivos

Objetivo general

Proponer acciones para el manejo integral de la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa con vistas a su conservación y usos sostenibles.

Objetivos específicos

- Delimitar la cuenca del río Jipijapa y sus respectivas subcuencas.
- Caracterizar los factores: ambientales, productivos y socio-económicos de la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa.
- Zonificar la parte alta de la cuenca del río Jipijapa en función de la cobertura actual del suelo.
- Diagnosticar el estado de los recursos suelo, agua y vegetación de las microcuencas que integran la cuenca de recepción.
- Formular una propuesta de manejo de conservación y manejo sostenible de la parte alta de la cuenca del río Jipijapa.

Objeto y Campo de Acción

Objeto de estudio:

Manejo integral de la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa.

Campo de acción:

Manejo integral de la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa teniendo en cuenta su caracterización ambiental, productiva y socioeconómica; la cobertura actual del suelo y el estado de los recursos suelo, agua y vegetación.

Pregunta de Investigación

¿Qué acciones pueden proponerse para el manejo integral de la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa con vistas a su conservación y uso sostenible?

Alcance de la Investigación

El alcance de la presente investigación es descriptivo.

Hipótesis de la Investigación

El manejo integral de la parte alta de la cuenca del río Jipijapa permitirá lograr su conservación y uso sostenible.

Marco Referencial

Conceptos Generales

Manejo de cuencas hidrográficas

La unidad de estudio de los recursos naturales viene a ser la cuenca y los principios para su conservación se denominan manejo de cuenca o también gestión ambiental. Este concepto no solo tiene que ver con la protección de los recursos hídricos, sino también con la capacidad de sustentabilidad de todos los recursos, especialmente los del suelo y vegetación, a ser manejados para la producción de bienes y servicios ambientales. Actualmente las cuencas hidrográficas sirven como unidades prácticas y lógicas para el análisis, planificación y manejo de recursos múltiples (Castillo, 2018).

Por definición, la cuenca hidrográfica de alguna manera es considerada como la unidad territorial que se encuentra más adecuada en las gestiones integradas a los recursos hídricos y puede ser definida como un territorio que es delimitado básicamente por la propia naturaleza, esencialmente por los límites de las diferentes zonas de escurrimiento de las respectivas aguas superficiales que convergen de alguna forma hacia un mismo cauce (Garcés, 2011).

Casi la totalidad de los parámetros físicos de una cuenca hidrográfica son obtenidos tradicionalmente a través de cálculos manuales. Por ejemplo, la elevación, de la cual se desprende la curva hipsométrica, es resultado de

la identificación de rangos altitudinales y la cuantificación del área se realiza a través de métodos como el uso del papel milimétrico o con el empleo de planímetros mecánicos. Sin embargo, estos procesos se caracterizan por un notable consumo de tiempo y, en ocasiones, imprecisiones implícitas por la técnica utilizada. Con base al desarrollo tecnológico en geoinformática, se ha logrado que los parámetros citados se obtengan de forma automatizada, por medio de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Díaz, Mamadou, Iturbe, Esteller, & Reyna, 1999).

El manejo de cuencas es “La secuencia de formular y aplicar en una cuenca hidrográfica algún conjunto integrado de diversas acciones que tienden de alguna manera a orientar su sistema ya sea social, económico o natural con el fin de lograr unos objetivos específicos” (Ríos, 2015).

Manejar una cuenca hidrográfica constituye un proceso de planeación, implementación y evaluación de acciones mediante la participación organizada e informada de la población. Las actividades antropogénicas de uso de suelo, como son la reforestación y deforestación, la intensificación de la agricultura, drenaje de humedales, construcción de caminos, y la urbanización, influyen en la infiltración y los procesos de redistribución del agua en el suelo, además depende del tipo de cobertura de vegetación (cultivos, bosques, selvas) que pueden modificar los procesos de evapotranspiración (Pérez, Pineda, & Gutiérrez, 2015).

La técnica de manejo de cuencas involucra a un conjunto de prácticas no estructuradas de manejo vegetal, con la utilización de los bosques productivos, así como un conjunto de actividades estructuradas de ingeniería que utiliza herramientas tales como: prácticas de conservación de suelos, actividades de planificación del uso de la tierra, actividades agroforestales y conservación de las nacientes de agua. El factor unificador en todos los casos, es el hecho de como dichas actividades afectan la relación entre el agua y otros recursos dentro de una cuenca (Castillo, 2018).

Manejo integrado de cuencas

El manejo integrado de cuencas constituye una secuencia que promueve hacia la gestión coordinada del suelo, del agua y otros recursos naturales, bajo un enfoque social, económico y ambiental, considerando la cuenca como unidad territorial lógica, que permitiría enfrentar el desafío del cambio climático de manera operativa, puesto que presenta virtudes en las dimensiones que deben considerarse al momento de plantear la adaptación a los cambios futuros (REDLACH, 2009).

Por definición se denomina al manejo integrado de cuencas como el proceso de organizar y guiar el uso de la tierra y otros recursos naturales en las cuencas para proveer los bienes y servicios demandados por la sociedad, al tiempo que se minimizan los impactos adversos al ambiente (Ríos, 2015). El capítulo 18 de la Agenda 21 (Programa de Acción aprobado en Río 92) define el Manejo Integrado de Recursos Hídricos (MIRH) como la administración integrada de recursos de agua basada en la percepción del agua como una parte esencial del ecosistema, siendo éste un recurso no solo natural sino que también social y económico, cuya cantidad y calidad lo determina la naturaleza. (BID, 2012).

El manejo integral de las cuencas hidrográficas es una parte fundamental de las acciones de gestión ambiental, que busca contrarrestar efectos ambientales negativos y alcanzar efectos ambientales positivos, los cuales puedan ser evaluados por la cantidad, calidad, de los recursos de una cuenca. Busca satisfacer las necesidades del hombre, conservando los recursos naturales encontrados dentro de la cuenca, a fin de poder elevar su calidad de vida en armonía con el medio en el que se desarrollan, mediante la implementación de acciones que permitan lograr un desarrollo sustentable, tanto en la cuenca alta, media y baja (Ramírez, 2011).

Un manejo integrado de cuencas hídricas involucra dos acciones principales. Por un lado, las orientadas al aprovechamiento de los recursos naturales (usarlos, transformarlos y consumirlos) presentes en la cuenca para contribuir al crecimiento económico; por otro, las orientadas a manejarlos (conservarlos, recuperarlos y protegerlos) con la finalidad de asegurar la sustentabilidad del ambiente (Ferrer & Torrero, Manejo Integrado de Cuencas Hídricas: Cuenca del Río Gualjaina, Chubut, Argentina, 2015).

El manejo de las cuencas hidrográficas no es un estudio o algún tipo de proyectos que se ha detallado, sino un proceso que busca específicamente la resolución de un conjunto de problemas que se encuentran interrelacionados entre sí, sin embargo, este proceso debe ser adaptativo, es decir que es un proceso que se va construyendo a través de experiencias, sustentado de alguna manera información científica y local. Por lo que se busca resolver problemas comunes, por lo que se requiere de la concurrencia, cooperación y colaboración de diferentes actores o instituciones que tengan como propósito una visión en común (SEMARNAT, 2013).

Conservación de cuencas

El glosario de términos sobre medio ambiente redactado por la Unesco (1989), citado por Quimi y Savinovich (2020), define a la conservación como la gestión del uso, por parte de los seres humanos, de organismos o ecosistemas para garantizar el uso sostenido. Además de la sostenibilidad, la conservación también incluye: protección, mantenimiento, rehabilitación, restablecimiento e incremento de las poblaciones y los ecosistemas. Se puede dar de dos formas: ex situ, cuando la conservación de compuestos de la diversidad ecológica se encuentra fuera de sus hábitats naturales; y conservación in situ, cuando los ecosistemas y los hábitats naturales además del mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies se encuentran en su propio entorno natural (Quimi & Savinovich, 2020).

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza citada por Solano (2017)

Define un nuevo significado sobre la conservación in situ, que se amplía a la conservación propiamente dicha, la conservación de los ecosistemas y los hábitats naturales y el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en sus entornos naturales. Esta entidad tomó como punto de partida la conservación de la biodiversidad, pero también reconoció la importancia de la recreación y el turismo, por lo que se tiene la responsabilidad de proteger los valores socio culturales y naturales, además de garantizar la gestión adecuada del turismo y la recreación (Solano, 2017).

El concepto moderno de la conservación incluye no solo la protección y conservación de la biodiversidad y otros valiosos tributos del bosque, sino que además, se plantea el manejo de áreas de bosque natural como las cuencas altas, con fines de producción forestal, como actividades conservacionistas, a pesar de que, toda actividad de aprovechamiento forestal causa algún nivel de daño, ya sea a la masa remanente, al suelo o a las fuentes de agua, los mismos que pueden minimizarse con una buena planificación de las operaciones de aprovechamiento (Blandariz, 2017).

La conservación de los bosques del mundo requiere de la adopción de una serie de medidas que implique un cambio de rumbo al actual modelo de destrucción. Una de las mayores amenazas para la humanidad es la deforestación, puesto que los bosques ayudan a mantener el equilibrio ecológico y la biodiversidad, limitan la erosión en las cuencas hidrográficas e influyen en las variaciones del clima; así mismo, abastecen a las comunidades rurales de diversos productos para su subsistencia (Hernandez - Moreno & Nuñez, 2014).

La diversidad biológica es finita y se está reduciendo por el deterioro y destrucción de muchos hábitats y la desaparición de especies, limitando así la disponibilidad de recursos y poniendo en peligro la subsistencia de las generaciones presentes y futuras (Mitjans, Mitjans, & Bonilla, 2014).

El uso no apropiado y la destrucción de recursos naturales, así como el empleo de tecnologías de producción agrícolas perjudiciales para los recursos naturales en cuencas hidrográficas bajo la constante presión de un crecimiento demográfico que pone en peligro el desarrollo sostenible de la economía y de la sociedad civil en las partes altas, medias y bajas de las cuencas (Torres & Ochoa, 2017).

Zonificación

Se define la zonificación como parte del proceso de ordenamiento territorial.

Consiste en definir zonas con un manejo o destino homogéneo que en el futuro que de alguna manera son sometidas a normas o reglamentos de uso con el fin de cumplir los objetivos específicos de una determinada área. El modelo de zonificación es útil para distintos tipos de usos seleccionados, lo que implica una homogenización previa de las variables a detectar en el terreno y un trabajo claro con respecto a la recopilación y análisis de esa información (Mejía, 2017).

El término zonificación tuvo una connotación latitudinal en la cartografía climatológica de Koppen y en la cartografía de la vegetación de zonas de vías de Holdridge, ya que los tipos de climas y de vegetación se clasifican según la zona altitudinal comprendida entre el ecuador y los polos. Actualmente el término implica un proceso que consiste en delimitar unidades homogéneas para lo cual es importante un diagnóstico que tome en cuenta aspectos biofísicos, socioculturales y económicos, que permitan tener una visión integral del medio natural (Mora & Ramírez, 2013).

La zonificación también es un instrumento de planificación mediante el cual se establecen unidades ambientales homogéneas por medio del diagnóstico de los elementos del paisaje, además es un proceso que facilita el manejo y uso adecuado de los recursos. En la actualidad el incremento de actividades sin planificación territorial ha alterado el equilibrio de los ecosistemas. El proceso de zonificación también puede efectuarse a diferentes escalas, lo que depende de la dimensión del área estudiada y la cartografía a utilizarse (Mora & Ramírez, 2013).

La zonificación de un área se entiende como una organización de territorio en función del valor de sus recursos naturales y de su capacidad de acogida para los distintos usos. De esta manera, este proceso es guiado por objetivos muy claros y precisos, que se derivan en normas de uso, con la finalidad de minimizar los impactos negativos y asegurar un uso compatible con la conservación de los recursos naturales y culturales presentes en el área y su relación con la dinámica socioambiental de su entorno inmediato (CORPAMAG, 2013).

Se define “criterios de zonificación”, a las condiciones que básicamente se deben llegar a cumplir con el fin de llevar a cabo efecto en su ordenación o algún tipo de asignación dentro de una categoría determinada como pueden llegar a ser los atributos y funciones que poseen los ecosistemas presentes dentro del marco político, socioeconómicos o de valores culturales del área. Estos criterios se describen a partir de un exhaustivo diagnóstico que permite definir el estado actual de una cuenca. (CORPAMAG, 2013).

Para entender la zonificación se debe priorizar las características que se van a extraer de un espacio, sitio o medio, donde podremos observar el interés por el aspecto natural, social, económico, político o productivo, según el caso planteado; además se deben plantear zonas núcleos, de amortiguamiento y de transición. La zonificación de un territorio, en especial de un área con un paisaje natural como por ejemplo una cuenca hidrográfica, marca un referente obligatorio para el uso y determinación de los espacios naturales, forestales, de cobertura actual del suelo, puesto que contribuirá en los procesos de planificación, toma de decisiones, análisis; y a su vez, la otorgación de la garantía de derechos, deberes y obligaciones a las entidades y comunas (Quimi & Savinovich, 2020).

Diagnóstico para la gestión integral de una cuenca

El diagnóstico es un proceso que incluye la recopilación de datos, la identificación de los indicadores, la determinación de los estados de los recursos, la identificación de la problemática y sus causas, el establecimiento de la estructura socioeconómica, la determinación de conflictos de uso, la identificación de interrelaciones ecológicas, la evaluación de experiencias, el análisis integrado desde la cuenca principal a la microcuenca y la verificación de la pertinencia de la información. El diagnóstico de una cuenca permite conocer o evaluar la vocación, la capacidad, el estado o situación integral de la cuenca con todos sus componentes y actores; así como también lo que produce la cuenca como unidad y los servicios que brinda (UNUPS, 2012).

El resultado final del diagnóstico es un resumen de los problemas o situaciones no deseables y que deben de cambiar y de las potencialidades o recursos humanos, capacidad técnica, administrativa, infraestructura, etc. para la gestión integrada de la cuenca, que sirven de referencia para la formulación de plan de manejo integrado de una cuenca hidrográfica (UNUPS, 2012).

Cambio Climático

El Manejo Integrado de Cuencas, como su nombre lo señala, integra la gestión de un territorio desde una perspectiva sistémica, y así se convierte en una alternativa válida para enfrentar los retos complejos que el cambio climático, en cualquiera de sus escenarios, puede traer en el futuro. Si bien las acciones particulares son propias de disciplinas específicas, la integración de éstas a la escala de cuenca transforma medidas simples, en partes fundamentales de un proceso orientado hacia el desarrollo sostenible (REDLACH, 2009).

El cambio climático es un factor determinante para la dinámica de la biodiversidad mundial ya que los ecosistemas forestales serán afectados en su capacidad para producir bienes y servicios ecosistémicos, que son esenciales para el bienestar humano. Aun no es posible predecir con certeza el impacto probable futuro en la salud, crecimiento, distribución y composición de los bosques, en razón que estudios y proyecciones climáticas locales no son abundantes por lo que, las interacciones entre factores bióticos y abióticos son impredecibles a tal punto que se pronostica el remplazo de bosques tropicales por sabanas, mientras que las zonas semi áridas tendrán cambio de vegetación de tierras áridas, lo que conduciría a pérdidas en la biodiversidad regional y la posible extinción de especies (Aguirre, Ojeda, & Eguiguren, 2000).

Uno de los principales impactos del cambio climático ocurre en la dimensión del agua. Los cambios en los patrones de temperatura y de precipitación proyectados afectaran la dinámica hidrológica y, el aporte de agua disponible para las actividades productivas y el consumo humano, así como la mayor ocurrencia de eventos extremos como las sequías y las inundaciones (SEMARNAT, 2013).

La adaptación al cambio climático bajo el planteamiento del MIC conjuga medidas de carácter social como la generación de espacios de dialogo y resolución de conflictos, medidas económicas como el fortalecimiento comercial o el cambio de los patrones productivos al interior de una cuenca (REDLACH, 2009).

En el Ecuador el cambio climático se evidencia a través de cambios en la distribución temporal y espacial de la precipitación, en el incremento sostenido de la temperatura, en mayores frecuencias e intensidades de eventos climáticos extremos, en el retroceso de los glaciares y en el incremento del nivel del mar. Lo cual conllevará a la generación de inundaciones, sequías, deslizamientos; afectación en la provisión de agua en los sectores urbanos, rurales, agrícolas, energéticos y para los ecosistemas; intrusión de agua salada a las cuencas hídricas y los acuíferos. Las zonas húmedas disminuirán mientras que las zonas secas aumentarán en aproximadamente 14%, sobre todo en provincias costeras como El Oro, Guayas y Manabí (Aguirre, Ojeda, & Eguiguren, 2000).

Marco Jurídico

En Ecuador se cuenta con las siguientes legislaciones y normativas:

Constitución de la República del Ecuador (2008)

Art. 72.- La naturaleza si bien es cierto, tiene derecho a la restauración. La misma será independiente de la obligación que tiene de alguna forma el estado y las personas naturales jurídicas con el fin de indemnizar a las personas que dependan de los sistemas naturales que lleguen a ser afectados.

Art. 262.- Los diferentes gobiernos autónomos regionales tendrán las siguientes competencias exclusivas:

2.- Gestionar la localización y ordenamiento de las cuencas hidrográficas para propiciar de ésta forma la creación de nuevas cuencas de acuerdo a lo que otorga la ley.

Art. 263.- Los gobiernos que son a nivel provincial tendrán de alguna manera las siguientes competencias exclusivas:

3.- Realizar en coordinación con el Gobierno Regional obras en las cuencas y microcuencas (Asamblea Constituyente, 2008).

Código Orgánico del Ambiente (2017)

Art. 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano; comprende:

4.- La preservación, conservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y de los caudales ecológicos se encuentran asociados al ciclo hidrológico.

Art. 3.- Son fines de este código:

7.- Prevenir, minimizar, evitar y controlar los impactos ambientales, así como establecer las medidas de reparación y restauración de los espacios naturales degradados.

Art. 30.- Los objetivos del estado relativo a la biodiversidad son:

7.- Adoptar un enfoque integral y sistémico que considere los aspectos sociales, económicos y ambientales para la conservación y el uso sustentable de cuencas hidrográficas y de recursos hídricos en coordinación con la auto-ridad única del agua. (Ministerio del Ambiente, 2017).

Ley Orgánica de los Recursos Hídricos sus usos y aprovechamiento del Agua.

Art. 8.- Gestión integrada de los Recursos Hídricos:

La autoridad única del agua es responsable de la gestión integrada e integral de los recursos hídricos a través de un enfoque del ecosistema y por cuencas o mediante sistemas de cuencas hidrográficas mediante las cuales se coordinará con los diversos niveles de gobierno a través de los diferentes ámbitos de su competencia.

Art. 25.- Concejo de Cuencas Hidrográficas

Es el órgano colegiado de carácter consultivo, liderado por la autoridad única del agua e integrado por los representantes electos de las organizaciones de usuarios con la finalidad de participar en la formulación, planificación, evaluación y control de los recursos hídricos en la respectiva cuenca. (Asamblea Nacional, 2014).

Reglamento a Ley Orgánica de Recursos Hídricos sus usos y aprovechamiento del Agua.

Art. 35.- La planificación hídrica se realizará mediante:

b.- Los planes de gestión integral de recursos hídricos por cuenca hidrográfica tendrán ámbito territorial de demarcación hidrográfica, sin perjuicio de la posibilidad de decisiones limitadas a una cuenca hidrográfica de las integradas dentro de la demarcación. (Asamblea Nacional, 2015).

Código Orgánico sobre la Organización Territorial Autonomía y Descentralización (2010)

Art. 132.- Ejercicio de la competencia de gestión de cuencas hidrográficas:

Al ejercer estas competencias le corresponde básicamente al Gobierno Autónomo Descentralizado de la región, gestionar el ordenamiento de las cuencas hidrográficas a través de una articulación efectiva de los planes de ordenamiento territorial que se evidencia en los Gobiernos Autónomos Descentralizados de las Cuencas Hidrográficas, con políticas emitidas con respecto al manejo sustentable e integrado del recurso hídrico. (Asamblea Nacional, 2010)

Materiales y Métodos

Localización del Área de Estudio

El presente estudio corresponde a la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa, ubicada en el sector suroriental de la provincia de Manabí, entre las coordenadas geográficas: 1°30' de latitud Sur y 80°45' y 8°30' de longitud Oeste. Posee una superficie de 20,55 km² y está integrada por las subcuencas río La Pita (8,77 km²), río Caña Brava (6,72 km²) y estero El Laurel (5,06 km²); tal como se puede observar en la figura 1.

Se encuentra limitada al Norte por el sistema montañoso Cerro Corralitos Cuchilla de la Cuesta; al Sur con el sistema montañoso Crucita del alta Mero Seco; al Este con la Cordillera de Balzar; y al Oeste con la Cordillera Costanera (IGM, 1979).

Figura 1.

Ubicación Cuenca Alta Río Jipijapa.

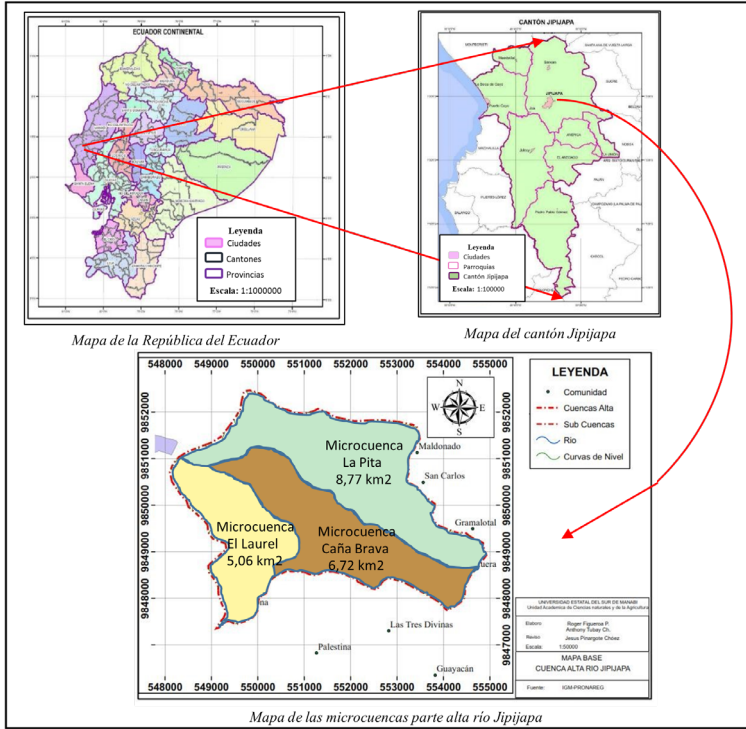


Figura 1. Ubicación Cuenca Alta Río Jipijapa
Autor: Elaboración propia

Autor: Elaboración propia

3.2 Enfoque de la Investigación

El enfoque de la investigación tiene el carácter de cualitativo, de tipo descriptivo, dado que refiere una concepción inductiva, identifica la naturaleza de la realidad y se basa fundamentalmente en el análisis y desarrollo en cuanto a la conservación y uso sostenible de los recursos de la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa.

Contexto

El contexto corresponde a un diseño experimental de campo, es decir a un estudio efectuado en el área de la parte alta del río Jipijapa, en la que el trabajo se realiza en una situación real y es posible manipular una o más varia-

bles independientes en condiciones tan meticulosamente controladas, como lo permite el diagnóstico de la situación actual del área de estudio.

Caso, Universo y Muestra

Unidad o caso:

Propuesta de conservación y uso sostenible de los recursos naturales de la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa.

Universo

El universo corresponde al total poblacional del área de estudio, que será encuestado a través de una muestra representativa y está compuesto por tres recintos Palmital, Maldonado y Caña Brava, ocho sitios con población dispersa: Gramanotal, San Carlos, San Miguel, La pita, Dadal, Los Ángeles, El Laurel, La Mona y tres comunidades: Andíl, Choconcha y La Unión (con una población aproximada de 1.450 habitantes).

Muestra

Se realizó un muestreo probabilístico tomando al azar una muestra representativa de cada población, en la que todos los recintos, sitios y comunas, ubicados al interior del área de estudio tiene la misma probabilidad de ser encuestadas. La muestra se calculó mediante el programa estadístico STATS, tomando en cuenta las especificaciones técnicas para la realización de las mismas; la formula a aplicarse considerando un universo de 1.080 individuos es la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

En donde:

n= tamaño de la muestra

N= tamaño de la población: 1.080 habitantes

Z= valor correspondiente a la distribución de Gauss o normal con un nivel de confianza de 95% es igual a 1,95

p= probabilidad de éxito u ocurrencia esperada del parámetro a evaluar. En caso de desconocerse, aplicar la opción más desfavorable ($p = 0,5$), que hace mayor el tamaño muestral

q= probabilidad de fracaso o no ocurrencia que se da restando de la probabilidad de éxito. $q = 1 - p$ (Si $p = 50\%$, $q = 50\%$)

e= Error de estimación. En el caso de estudio es igual al 7% (0,07)

$$n = \frac{(1,95)^2 * 1.080 * 0,5 * 0,5}{(0,07)^2 * (1.080 - 1) + (1,95)^2 * 0,5 * 0,5} = 164,6 \sim 165 \text{ hab.}$$

n = 165 encuestas.

Se aplica la fórmula de ajuste de la muestra para encuestar porcentualmente al azar a todas las comunidades que integran la cuenca alta.

$$n_0 = \frac{n}{1 + n/N}$$

$$n_0 = 143 \text{ encuestas}$$

La población a encuestarse por comunidad según el cálculo de ajuste de la muestra se observa en la tabla 1.

La población a encuestarse por comunidad según el cálculo de ajuste de la muestra se observa en la tabla 1.

Tabla 1.

Población a encuestarse por comunidad según el ajuste de la muestra.

Subcuenca	Comunidad	Población	Factor	Muestra ajustada	Fracción muestra
Río La Pita	Maldonado	109	0,00925	143	14
	La Pita	150	0,13888	143	20
	Andíl	76	0,07037	143	10
	La Unión	25	0,02314	143	3
	Dadal	34	0,03148	143	5
Río Caña Brava	Gramanotal	14	0,01296	143	2
	Palmital Af.	212	0,19629	143	28
	San Carlos	33	0,03055	143	4
	Caña Brava	92	0,08518	143	12
	San Miguel	89	0,08240	143	12
Estero	Choconcha	87	0,08055	143	12
	La Mona	48	0,04444	143	6
	El Laurel	18	0,01666	143	2
	Colchaquita	36	0,03333	143	5
	Tierra Amarilla	31	0,02870	143	4
El Laurel	Los Ángeles	26	0,02407	143	4
Total		1.080			143

Fuente: (INEC, 2010)

3.5. Diseño Metodológico

Hernández Sampieri (2014) cataloga el estudio como una investigación de carácter cualitativo, transeccional de tipo descriptivo; puesto que analiza el fenómeno de la degradación de la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa en su entorno natural, recolectando datos en un periodo de tiempo definido, con el objeto de describir las variables y evaluar su incidencia e interrelaciones, con vistas a su conservación y manejo sostenible; además de, describir de la manera más objetiva posible lo que acontece a nivel de las comunidades que habitan al interior de la cuenca alta proponiendo mejoras para el área (Hernández, 2014).

Procedimiento Metodológico

La delimitación de la parte alta de la cuenca hidrográfica de la parte alta del río Jipijapa, las subcuencas que la integran, y la demarcación de la red hidrográfica se obtuvo mediante el procedimiento de Modelo de Elevación Digital (MED), del cantón Jipijapa. El área total de la cuenca alta se obtuvo mediante la aplicación del software ARGIS y con este mismo método también se logró determinar el perímetro del área del proyecto.

La caracterización ambiental se realizó mediante la búsqueda de información y bibliografía específica del área de estudio, para lo cual se citaron páginas webs de instituciones relacionadas con la temática tales como: Instituto Espacial Ecuatoriano, Instituto Geográfico Militar, Ministerio de Agricultura, entre otros; la caracterización socioeconómica se realizó mediante una encuesta semiestructurada (anexo 1), cuyo formulario permitió definir las condiciones y particularidades en las que viven las personas que habitan al interior del área del proyecto.

Para cumplir con el objetivo de la zonificación, se revisaron los mapas temáticos del Instituto Geográfico Militar entre ellos el mapa de suelos y de paisajes vegetales y uso actual del suelo; posteriormente valiéndonos de las imágenes satelitales Landsat 8 se integraron los vectores para su clasificación, para luego proceder a calcular el área territorial de cada unidad de cobertura identificada: unidad forestal, unidad de vegetación, entre otros.

Para el diagnóstico en primer lugar se recorrió el área de estudio con otros profesionales para ser una observación científica y posteriormente se recopiló información relacionada con las características específicas de cada subcuenca: Caña Brava, La Pita y El Laurel. Posteriormente se analizó la composición de la vegetación, los sistemas de producción, las unidades básicas de producción UPA's, existentes en el área del proyecto.

Por último, se procedió a diseñar una propuesta de conservación y manejo sostenible para la cuenca alta del área de estudio para lo cual fue necesario revisar toda la información concerniente a los objetivos específicos y se concluyó consultando a profesionales especialistas y a docentes conocedores del tema.

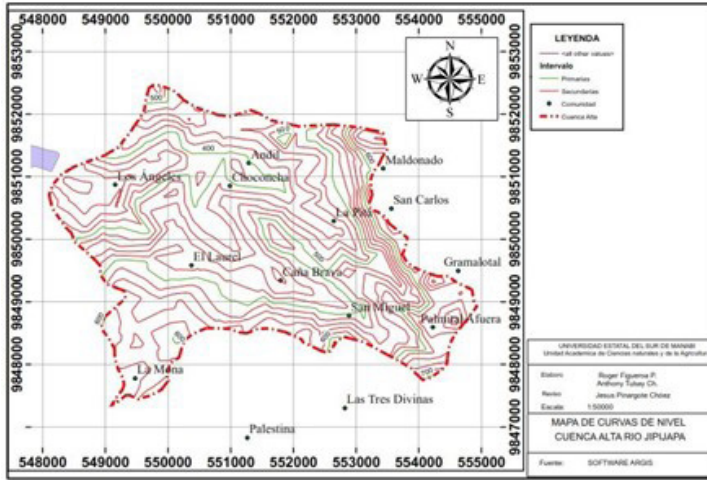
Resultados

4.1 Delimitar la Cuenca del Río Jipijapa y sus Respectivas Subcuencas

Mediante la aplicación del software Arcgis se pudo establecer las coordenadas del área de estudio que permitieron calcular el perímetro (21.5 km), el área del proyecto (20.55 km²) y la superficie de cada microcuenca, valiéndonos de la línea divisoria de la parte alta de la cuenca del río Jipijapa. A la vez, se logró identificar las curvas de nivel con intervalos de 100 en 100 m. y la red de drenaje principal; esta delimitación se la observa en la figura 2.

Figura 2.

Delimitación parte alta cuenca río Jipijapa y sus subcuencas.



Autor: Elaboración propia

Caracterizar factores Ambientales, Productivos Socioeconómicamente de la Parte Alta de la Cuenca Hidrográfica del Río Jipijapa.

Clima

La parte alta de ésta Cuenca Hidrográfica del río Jipijapa presenta un clima tropical megatermico semi-seco según la clasificación de Koppen. Los valores meteorológicos se obtuvieron de la estación meteorológica “La Naranja” que posee el código del INAMHI M159, ubicada entre las cordenas: 558930 Este y 9844668 Norte, con una altura de 530 msnn. **(Sánchez & Garduño, 2008)**

Se registró una temperatura de media anual de 21.5°C, con una máxima de 22.50°C en el mes de marzo y una mínima de 21°C en los meses de julio, agosto, septiembre y noviembre. La precipitación promedia anual es de 1 168mm; con una media de 269,9mm en marzo y 4,7mm en octubre, una humedad relativa con un valor promedio de 86,3% y una evapotranspiración máxima de 91,5% en el mes de marzo y mínima de 76,8% en los meses de junio, septiembre y noviembre; una heliofania de 788,3 h/a y una velocidad del viento de 1,3 m/s.

Suelos:

De acuerdo a la carta temática de suelos del cantón Jipijapa elaborada por el Intituto Geográfico Militar (1979), mediante convenio MAG-ORSTOM, los suelos de la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa corresponden de este a oeste a:

Mesas de areniscas y colinas volcano sedimentarias

Corresponden a suelos desarrollados con epipedon molico, profundos, que van de limo-arcillosos a arcillosos; con regimen de humedad údico y taxonomía typic y vertic hapludoll, cuyo material parental y unidad morfológica está caracterizado por mesas de areniscas y colinas volcano-sedimentarias con pendientes del 12 al 40%. Este tipo de suelos es representativo en: Gramanotal, Palmital de Afuera, San Miguel, Maldonado, San Carlos y El Laurel.

Vertiente de las mesas de areniscas

Estos suelos caracterizan a sectores como: Caña Brava, La Pita, La Mona y Colchaquita y corresponden a suelos desarrollados con epipedón mólico sin Co3Ca, poco profundos, que van de limosos a limo-arenosos, con régimen de humedad údico y taxonomía entic hapludoll, con pendientes superiores al 70%.

Valles fluviales indiferenciados

Se caracterizan por ser suelos desarrollados que se encuentran en formaciones aluviales de textura indiferencia, por lo general son arcillosos, limosos en las cabezas de los valles y sin duda cerca de las mesas de areniscas, con régimen de humedad único y taxonomía fluventic eutropept y vertic eutropept; que identifica de alguna forma a las comunidades de Andíl, Choconcha y la Unión.

Suelos poco desarrollados

Este tipo de suelos son poco profundos, sin contacto lítico con régimen numeral ústico, taxonomía typic ustorthent que caracteriza a colinas volcano sedimentarias y sedimentarias y se encuentran en sitios como Dadal y los Ángeles (IGM, 1979).

Unidades morfométricas de la cuenca alta del río Jipijapa

Las unidades morfométricas existentes en la parte alta del río Jipijapa forman parte de la unidad ambiental, relieves estructurales y colinados terciarios y de este a oeste encontramos:

Unidad geomorfológica superficie disectada de mesa en niveles

La unidad genética es estructural y consiste de una superficie plana o tabular, producto de la erosión diferencial, que por esta característica toma un aspecto de niveles; estas geoformas se localizan en la parte centro oriental y presentan características tales como cimas redondeadas, junto a vertientes convexas, de longitud moderada (50-250 m.); las pendientes presentes en estas unidades son medias (12-25%) y existen desniveles relativos que no superan los 25 m. Los relieves más representativos se encuentran en los sectores Palmital de Afuera, Caña Brava, San Miguel, San Carlos y su geología corresponde a la formación borbón.

Unidad geomorfológica coluvión antiguo

Son materiales detríticos de origen denudativo, transportados desde las partes altas de las laderas por la acción de la gravedad y depositados en las partes intermedias o al pie de las mismas. Son de carácter angular, poco clasificados y sin estratificación, formados por mezclas heterogéneas de bloques y gravas de arenisca en matriz limoarenosa. Los coluviones tienen vertientes convexas de longitudes moderadas (50-250 m.), presentan pendientes medias (12-25%) y desnivel relativo que no sobrepase los 50 m., ligada en su mayoría a una cobertura vegetal de tipo arbustiva y herbácea que corresponde a la denominación geológica depósitos coluviales y caracteriza a las comunidades: Andíl, Choconcha, Dadal, La Unión.

Unidad geomorfológica superficie disectada de mesas

Su unidad genética es estructural y constituye relieves residuales caracterizados por su alto grado de disección sobre lechos sedimentarios de rocas duras con estratificación horizontal, resultado de la erosión diferencial. Estas geoformas muestran como características, cimas redondeadas asociadas a

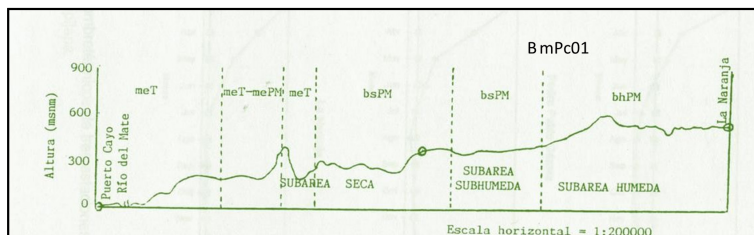
vertientes convexas, cuya longitud es corta (15-50mts.) en la mayoría de los casos, aunque también exhiben vertientes moderadamente largas (50-250 m.), lo que hace que presenten pendientes medias (de 12-25%) y suaves (5-12%); presentan desniveles relativos variados en un rango de 1520mts.; corresponden geológicamente a la formación borbón y se encuentran en sectores como La Mona, El Laurel y Tierra Amarilla. (IEE, 2012)

Formación ecológica

De acuerdo al Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental elaborado por el Ministerio del Ambiente (2013), el área de estudio corresponde al Bosque Semideciduo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial que tiene un piso climático superior a los 200 m. sobre el nivel del mar una fisonomía correspondiente a bosque y un bioclima de carácter pluviestacional cuyo ombrotipo es subhúmedo. En esta formación el estrato arbóreo alcanza de 15 a 20 m. Este ecosistema se encuentra en condiciones climáticas especiales producidas por la acción de la corriente de Humboldt, que origina neblina en las partes altas. El paisaje se presenta con árboles aislados producto de la intervención del bosque por haberse realizado el aprovechamiento en ocasiones intensivos de especies silvestres, especialmente de las maderables. Por otra parte, también es posible identificar elementos de bosques más húmedos que lo diferencian del Bosque Deciduo de Tierras Bajas (Ministerio del Ambiente, 2013).

Figura 3.

Formaciones ecológicas Cuenca Alta según Sierra (1999) .



Fuente: (Carrillo, y otros, 1995)

BmPc01: Bosque Semideciduo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial

Recursos del suelo del Bosque Semideciduo de Cordillera Costera del Pacífico Ecuatorial

Los recursos del suelo de la parte más alta de la Cuenca del río Jipijapa en general se caracterizan por:

- Ser suelos no recomendados para la agricultura, muy poco profundos, con pendientes muy fuertes, zonas de montañas para bosques y cultivos de formas dispersas.
- Constituir suelos con factores limitantes muy importantes, de declives de colinas, pendientes muy fuertes, profundidad variable, pero con buena textura, zona de pastos o cultivos arbustivos por su humedad (Carrillo, y otros, 1995).

Vegetación natural y uso actual del suelo del BmPc01

En estas áreas la principal vegetación que se encuentra está relacionada con cultivos de café con árboles de sombra y además: maíz, cítricos, arroz, yuca, plátano, y frutales en general y vastas zonas con pastos artificiales (sabaya) (Carrillo, y otros, 1995).

Hidrografía

El sistema hidrográfico del río Jipijapa se origina dentro del contexto oriental de la cuenca, en el sitio Gramanotal a 667 mm, mediante el cual en su primer tramo toma el nombre de río Caña Brava el cual recorre aproximadamente 10 km con una pendiente media de 3,5% hasta que recibe como principales tributarios al río La Pita y al estero Mata Palo, con los que se une 2 km antes de llegar al área urbana a la que atraviesa con el nombre de río Jipijapa; luego se dirige hacia el suroeste entre un cañón a lo largo de 14 km con una pendiente de 0,6%, por ende, su paso recibe varios tributarios; aguas abajo de la población de Joa cambia de rumbo con dirección noroeste y recibe como tributarios más importantes por su margen derecha al estero Sagal y al río Olina, antes de desembocar en el océano Pacífico en la parroquia Puerto Cayo.

Caracterización socioeconómica

Según la encuesta del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del año 2010 la población de la cuenca alta es de 1 080 habitantes, de los cuales 562 habitantes son mujeres (52,04%) y 518 habitantes son hombres (47,96%). De acuerdo a la encuesta realizada en los recintos: Maldonado, La Pita, Gramanotal, Palmital Afuera, San Carlos, Caña Brava, San Miguel, El Laurel, Tierra Amarilla, sitios: La Mona, Los Ángeles y comunas: Andíl, Choconcha, Dadal, La

Unión; del área de estudio el 52,6% la población se caracteriza como pobre y el 4,8% se encuentra en condiciones de extrema pobreza.

En el Ecuador se considera a una persona como pobre si percibe un ingreso familiar per cápita menor a \$ 84,79 mensuales y pobre extremo si percibe recursos inferiores a \$ 44,78 datos del INEC nos demuestran que en el área rural del país la pobreza alcanza al 40% y la pobreza extrema el 17,7%; en la parte alta de la cuenca del río Jipijapa 568 personas viven en condiciones de pobreza y 52 personas en situación de extrema pobreza, lo que ha provocado la emigración de un gran número de jóvenes hacia otras ciudades del país y del exterior.

Los ingresos mensuales en los hogares se encuentran muy por debajo de la media nacional: el 14,7% de la población (35 habitantes) perciben el salario básico unificado que equivale a \$ 400 en el 2020, el 57,1% (136 habitantes), percibe un ingreso menor al salario básico unificado y tan solo el 28,2% (67 habitantes) percibe un ingreso mayor al salario básico unificado. La canasta básica familiar actualmente se encuentra en \$ 716,14 y la canasta básica vital en \$ 508,52 por lo que se nota el gran problema para cubrir al menos los gastos de la alimentación de las familias en el área de la cuenca alta.

El alto grado de desempleo en el área del proyecto, contribuye a agudizar la situación de la pobreza en los hogares, lo que se debe a la poca preparación académica: el 33% de la población tan solo ha cursado el nivel primario, el 46% el nivel secundario y el 17% posee un nivel superior, aunque el 4% de la población jamás ha tenido acceso a la educación y está en el analfabetismo.

En las visitas a los sectores ubicados en las tres subcuencas se pudo constatar viviendas en malas condiciones: el 18% construida solo de madera y caña, el 54% son viviendas mixtas, es decir de madera y cemento y el 29% son viviendas de hormigón.

El nivel de producción y productividad de las actividades agrícolas se realiza sin tecnologías de producción; predomina en el área la agricultura del café y cultivos de maíz, frutales, hortalizas y granos básicos. La falta de organización para producir y comercializar es un factor que actúa en desmedro de la rentabilidad de los cultivos, que se orienta hacia una agricultura de subsistencias.

Los sistemas productivos de la cuenca alta del río Jipijapa en general se caracterizan por un fuerte componente de cultivos para autoconsumo lo que contribuye a garantizar la seguridad alimentaria de la población. Los productos que generan excedentes para la venta son: el cultivo de café, maíz y frutas como la naranja y el limón.

Según la encuesta realizada en las comunidades rurales, el 68,1% de la muestra se dedica a la agricultura de subsistencia, el 7,1% trabaja como empleados públicos, el 5,1% son empleados privados, el 1,97% se dedica al comercio, el 6,3% trabaja elaborando artesanías y el 6,3% se encuentra inmerso en el turismo comunitario.

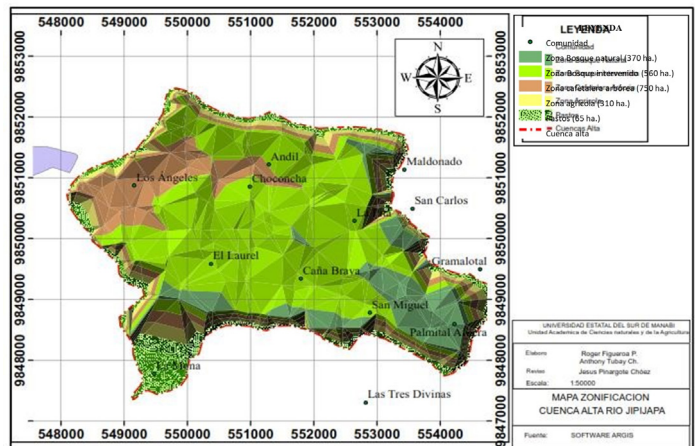
Las unidades de producción agropecuaria generalmente son pequeñas: entre 1-5 ha. corresponden al 76,7% de las unidades de producción, entre 5 y 10 ha., 20,1% de las unidades de producción y tan solo son superiores a 10 ha. el 27% de las unidades de producción. Los agricultores no poseen la capacitación y el conocimiento adecuado para el manejo de sus cultivos y menos para una agricultura sostenible; tampoco tienen acceso a créditos agropecuarios porque no poseen las garantías necesarias, lo que complica aún más la situación precaria de la población.

Zonificar la parte alta de la cuenca del río Jipijapa en función de la cobertura actual del suelo.

En la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa se pudo ubicar las siguientes unidades de zonificación: bosque natural (370 ha.), bosque intervenido (560 ha.), zona cafetalera arbórea (750 ha.), zona agrícola (310 ha.) y pastos (65 ha.), tal como se puede observar en la figura 4.

Figura 4.

Clasificación de la cuenca alta del río Jipijapa por la cobertura actual del suelo.



Fuente: Elaboración propia

Diagnosticar el estado de los recursos: suelo, agua y vegetación, de las microcuencas identificando las principales problemáticas y consecuencias sobre la producción.

Vegetación

En la parte alta de la cuenca del río Jipijapa se observa que existe un proceso de degradación de los recursos naturales, principalmente por la falta de aplicación de planes de manejo y conservación en el área. La cobertura vegetal natural solo se mantiene en las partes más altas, sobre la cota de los 600 m., en sectores como Gramanotal y Palmital de afuera, aunque la presión persiste por el requerimiento de los agricultores de nuevas tierras para sus cultivos. En las partes más bajas se observa cobertura forestal seriamente intervenida y en el resto del territorio, predomina la vegetación herbácea y arbustiva cubriendo las laderas deforestadas, en las cuales se nota la presencia de pastos en mal estado y agricultura de subsistencia, principalmente de maíz.

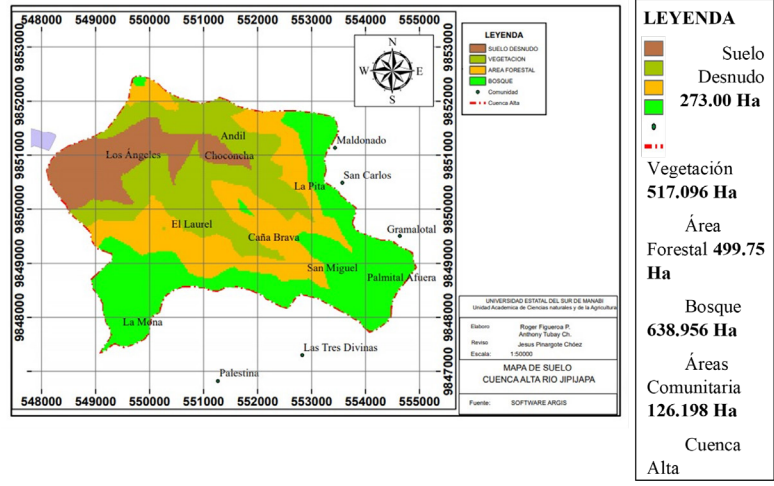
La intensidad del problema generado por el cambio del uso del suelo, se nota en la destrucción de la cubierta forestal para adecuarla como áreas agrícolas, lo que sumado a las altas tasas de deforestación selectiva en el área, han traído como consecuencia un sistema ecológico de alta fragilidad, por la erosión hídrica y la degradación de los recursos naturales, lo que se puede notar en los sectores en donde antes existió una fuerte presencia de vegetación natural que ahora están convertidos tan solo en pequeños relictos de la vegetación natural.

Suelos

En la carta temática de suelos del Instituto Geográfico Militar se ha identificado en la parte alta de la cuenca una vasta zona cubierta de matorrales y rastrojos en medio de la agricultura de subsistencia. En general los suelos pueden ser considerados como pobres, con problemas de erosión hídrica y de contaminación por el exagerado uso de agroquímicos en los cultivos. La carta temática se observa en la figura 5.

Figura 5.

Mapas de Suelos Cuenca Alta del Río Jipijapa



Fuente: Elaboración propia

Los suelos de la cuenca también presentan factores limitantes que disminuyen la capacidad productiva agrícola, muchos de ellos se encuentran sobre pendientes que van de medianas a fuertes, algunos son poco profundos. Hay sectores donde se observan deslizamientos como por ejemplo en Pisloy y la Naranja, que han traído graves consecuencias a la población producto de la escasa cobertura vegetal y la falta de aplicación de medidas de conservación en los sistemas de producción agropecuaria. No se observan cultivos con algún sistema de riego.

Otro factor que está contribuyendo a la degradación de los suelos son las quemas prescritas previo a la presencia de nuevos cultivos, lo que incide en la pérdida de las propiedades físicas y biológicas acentuando su pobre recuperación.

Agua

El recurso agua es limitado, las precipitaciones solo son intensas en los meses de febrero a mayo y luego vienen los meses secos, lo que provoca que el cauce principal del río Jipijapa sea de carácter intermitente con un caudal medio anual de 2,2 m³/s y un caudal ecológico de 0,0155 m³/s (Rayo, 2018).

Los requerimientos hídricos de la población para la agricultura y su propia subsistencia, son mínimos; de acuerdo a la encuesta realizada en el área, la

carencia de agua es notoria puesto que tan solo el 16% de la población la recibe por la red pública, el 21,4% lo hace por medio de carros cisternas y el 62,6% la toma directamente de ríos o pozos hechos en los márgenes del río y sus tributarios, lo que contribuye a serios problemas de salud para la población rural.

Los drenajes naturales del río y sus tributarios no poseen sistemas de protección, constituyendo fuentes de contaminación y arrastre de sedimentos. En resumen, la parte alta de la cuenca del río Jipijapa presenta procesos de degradación de sus recursos naturales por efectos de la deforestación intensiva, el uso inapropiado de la tierra y por la falta de medidas de prevención y manejo a nivel de las unidades de producción agrícola.

Propuesta de manejo sostenible de la parte Alta de la Cuenca del Río Jipijapa Introducción.

Los problemas que presentan actualmente las cuencas hidrográficas y que causan mayor preocupación a todo nivel tienen relación con la degradación de los recursos naturales, puesto que suelen traducirse en una reducción de la productividad de los cultivos y los recursos hídricos ya que un suelo degradado trae consecuencias para el medio ambiente.

La parte alta de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa demuestra fragilidad y vulnerabilidad producto de la degradación de sus recursos por lo que resulta necesario definir una propuesta de manejo tendiente a la conservación y uso sostenido del bosque, el suelo y el agua.

La propuesta del presente estudio se origina en la alta presión de los recursos, suelos y vegetación de la cuenca alta del río Jipijapa y genera una serie de recomendaciones desde el punto de vista ambiental y productivo entre ellas: prácticas de ingeniería, prácticas agronómicas, métodos de cuidado y preservación de la vegetación natural, entre otros.

Objetivo

Establecer una propuesta tendiente a mejorar las condiciones naturales de la cuenca alta del río Jipijapa que provee de bienes y servicios ambientales a quienes habitan al interior de la misma y a quienes se encuentran en las partes medias y bajas.

Se propone una serie de recomendaciones de varios tipos tendientes a la conservación y uso sostenido de los recursos entre ellas:

- **Prácticas de ingeniería:** cultivo en contorno, construcción de terrazas de desagüe, protección de cabecera de cárcavas y estructuras reguladoras del escurrimiento.
- **Prácticas agronómicas:** rotación de cultivos “en franjas” y siembra directa, manejo del pastoreo y demás prácticas conservacionistas.
- **Forestación:** uso de macizos forestales y el manejo apropiado de pasturas, como técnicas suficientemente eficaces y sencillas.
- **Preservar la vegetación natural** de las partes más comprometidas por pendientes, evitando la tala de los remanentes de monte.
- **Manejar los canales de desagüe** a través de la forestación y reforestación.
- **Protección de la vegetación natural arbórea** sembrando especies nativas.
- **Cobertura arbórea para favorecer la infiltración.**
- **Reforestación de campos en forma ordenada y planificada** con las finalidades de: Dar reparo a la hacienda en lotes degradados a nivel de suelo y/o de vegetación y reducir picos de escorrentía tanto en sectores comprometidos por pendientes como en partes de pendientes regionales más suaves. También se pueden formar isletas o bosquecillos en lugares protegidos de fuegos y depredadores.

Discusión

Ferrer y Torrero en su artículo Manejo Integrado de Cuencas Hídricas: Cuenca del Río Gualjaina, Chubut (2015) aseveran que la degradación de una cuenca hidrográfica genera la pérdida de valor en el tiempo, produce una degeneración ecológica acelerada, reduce las oportunidades económicas e incrementa los problemas sociales (Ferrer & Torrero, 2015); en el presente proyecto al realizar el diagnóstico del estado de los recursos suelo, agua y vegetación se pudo identificar el estado de degradación de los recursos de la parte alta de la cuenca del río Jipijapa y constituye la base para la elaboración de la propuesta de conservación y uso sostenible; para Guzmán (2016) la manera de revertir los procesos de degradación del suelo en las cuencas altas deben tener la tendencia a realizar un manejo sustentable y sostenible de la cuenca proponiendo pautas de manejo técnico que apunten a solucionar

los principales problemas ambientales identificados; en términos generales se deben realizar prácticas conservacionistas dando prioridad a las áreas más altas de las microcuencas (Guzmán, 2016).

Considerando las potencialidades y problemáticas de una cuenca, así como el objetivo de manejo se deben proponer varios ejes estratégicos problemáticos para lograr la sostenibilidad de los recursos naturales y el mejoramiento de la calidad de vida de la población. Villasuso y Florido (2007) analizaron la degradación de los suelos producto de la erosión, el manejo inadecuado y el drenaje irregular concibiendo una propuesta programática que a su vez se subdivide en un conjunto de subprogramas que dependen de las necesidades concretas y se definen a partir del análisis multidisciplinario y técnicas grupales con la participación de expertos y pobladores de las comunidades (Villasuso & Florido, 2007).

Conclusiones

- La parte alta de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa posee apenas 2 055 ha., lo que la clasifica como una cuenca pequeña, que, por sus propias características, se vuelve muy susceptible a las torrencialidades y crecidas, que afectan a las subcuencas Caña Brava, la Pita y El Laurel por sus propias condiciones.
- La caracterización ambiental permitió visualizar serios problemas de deforestación, cambios de uso de suelo para la agricultura y erosión hídrica del suelo, que inciden en los procesos productivos que en el área evidencias serias limitantes por la falta de aplicación de tecnologías relacionadas con la conservación y el manejo adecuado de los recursos.
- La zonificación permitió homogenizar las unidades vegetales que son el fundamento principal para el ordenamiento territorial que debería existir en el área, lo que coadyuvaría a una mejor planificación para poder aprovechar mejor los bienes y servicios ambientales que provee la cuenca alta.
- El diagnóstico del estado de los recursos suelo, agua y vegetación permitió identificar el estado de degradación de los recursos de la cuenca y constituye la base para la elaboración de la propuesta de conservación y uso sostenible.

Recomendaciones

- Sería oportuno que la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Jipijapa por la importancia capital que posee sea considerada como un área de protección y conservación estatal de manera que sus recursos pudieran ser aprovechados por las próximas generaciones.
- Sería importante considerar a la parte alta de la cuenca del río Jipijapa como una cuenca piloto de manera que se puedan realizar todo tipo de procesos, pero con la exigencia de aplicar medidas de conservación y manejo en esta área de estudio.
- La zonificación nos da una idea preliminar sobre las unidades existentes, sin embargo, sería muy conveniente poder realizar en la parte alta de la cuenca nuevos estudios de este tipo involucrando a las comunidades puesto que solo ellos pueden ayudar en la protección y en la restauración ecológica del área.
- Es probable que los recursos del área del proyecto se sigan deteriorando por efectos del cambio climático y la acción antrópica lo que implicaría realizar acciones de adaptación y mitigación a este fenómeno que acentúa la problemática existente en el área del proyecto.

Referencias Bibliográficas

- Aguirre, N., Ojeda, T., & Eguiguren, P. (2000). El Cambio Climático y la Conservación de la Biodiversidad en el Ecuador. *Servicios Ecosistémicos*, 20-31.
- Asamblea Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Montecristi, Manabí, Ecuador: Registro oficial.
- Asamblea Nacional. (19 de Octubre de 2010). Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización . Quito, Pichincha, Ecuador: Registro Oficial.
- Asamblea Nacional. (6 de Agosto de 2014). Ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del Agua. Quito, Pichincha, Ecuador: Registro Oficial.
- Asamblea Nacional. (21 de Agosto de 2015). Reglamento a Ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del Agua. Quito, Pichincha, Ecuador: Registro Oficial.
- BID. (Octubre de 2012). El reto del Manejo Integrado de cuencas Hidrográficas:
- Análisis de la acción del BID en el manejo del programa de cuencas 1989-2010. Washington, D.C., Estados Unidos: BID.
- Blandariz, R. (2017). Aprovechamiento de los Recursos Forestales. *CFORES*, 247-248.
- Carrillo, R., Limongi, R., Loor, N., Rodríguez, F., Enríquez, F., & Jumbo, F. (1995).
- Caracterización agroecologica y socioeconomica de Jipijapa y Paján*. Portoviejo: INIAP.
- Castillo, F. (2018). Bosque productivo para la conservación y rehabilitación de la cuenca hidrográfica. *Ambientellania*, 1(2), 57-66.
- CORPAMAG. (2013). *Plan de ordenamiento y manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Aracataca* . Cartagena: Corporación Autónoma Regional del Magdalena - CORPAMAG.
- Díaz, C., Mamadou, K., Iturbe, A., Esteller, M., & Reyna, F. (Julio de 1999). Estimación de las características fisiográficas de una cuenca con la ayuda de SIG y MEDT: caso del curso alto del río Lerma, Estado de México. *Ciencia Ergo Sum*, 6(2), 123-134.
- El Diario. (16 de Enero de 2017). Las fuentes de agua degradadas. *El Diario Manabita*, pág. 17A.

- FAO. (2007). *La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas*. Roma, Italia: FAO.
- Ferrer, V., & Torrero, M. (2015). Manejo Integrado de Cuencas Hídricas: Cuenca del Río Gualjaina, Chubut, Argentina. *UNAM*, 615-643.
- Ferrer, V., & Torrero, M. (2015). Manejo Integrado De Cuencas Hídricas: Cuenca Del Río Gualjaina, Chubut, Argentina. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, XLVIII(143), 615-643.
- Gad Manabí. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial Manabí: 2015-2024. Provincia del Milenio. Portoviejo, Manabí, Ecuador: Gobierno Provincial de Manabí.
- Garcés, J. (2011). Paradigmas del conocimiento y sistemas de gestión de los recursos hídricos: La gestión integrada de cuencas hidrográficas. *REDESMA*, 5(1), 29-41.
- Guzmán, L. (2016). Plan de manejo sostenible en la cuenca alta del río Chancaní . Córdoba, España: Universidad Nacional de Córdoba .
- Hernandez - Moreno, J., & Nuñez, M. (2014). Conservación de Recursos Forestales y Género en el marco del desarrollo sostenible: El caso de la comunidad indígena barrio de San Miguel, Michoacan, México. *CFORES*, 128-140.
- Hernández, R. (2014). Metodología de la Investigación. México D.F., México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES.
- IEE. (2012). Generacion de Geoinformacion para la Gestion del Territorio a Nivel Nacional 1:25.000 Geomorfologia. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Espacial Ecuatoriano.
- IGM. (1979). Mapa de Jipijapa. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Geográfico Militar.
- IGM. (1979). Mapa temático de suelos Jipijapa. Quito, Pichincha, Ecuador: Pronareg.
- INEC. (2010). Censo de población y vivienda del año 2010. Jipijapa, Manabí, Ecuador: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- Jaramillo, M. (2017). Propuesta de Manejo Ambiental para la cuenca alta del río Jipijapa. Jipijapa, Manabí, Ecuador: UNESUM.

- López, W. (2014). Análisis del manejo de cuencas como herramienta para el aprovechamiento sustentable de recursos naturales. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, XIII*(2), 39-45.
- Martínez, Y., & Villalejo, V. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos. *Scielo*, 58-72.
- Mejía, C. (2017). Zonificación de riesgos a incendios forestales en la cuenca del río Coello en el departamento de Tolima. Manizales, Tolima, Colombia: Universidad de Manizales.
- Mejía, J., Del Pozzo, F., Montilla, P., & Torres, G. (2010). Evaluación cualicuantitativa de la erosión hídrica en la microcuenca Aguas Calientes, estado Mérida, Venezuela. *Geográfica Venezolana*, 203-223.
- Ministerio del Ambiente. (2013). *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Quito: Subsecretaría de Patrimonio Natural.
- Ministerio del Ambiente. (6 de abril de 2017). Código Orgánico del Ambiente. *Suplemento 983*. Quito: Registro Oficial.
- Mitjans, D., Mitjans, B., & Bonilla, M. (2014). Composición Florística del Monumento Nacional "Bosque de Piedra Isabel Rubio". *CFORES*, 150-164.
- Mora, M., & Ramírez, T. (2013). Propuesta de zonificación ambiental para las microcuencas de los ríos Blanco y Cuipilapa - Costa Rica. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Pérez, E., Pineda, R., & Gutierrez, A. (2015). El Enfoque de Cuencas y la Erosión Hídrica en Cuencas Costeras. *Ciencia y Mar*, 61-66.
- Pin, J. (2018). Modelación hidrológica de la cuenca del Río Jipijapa, cantón Jipijapa de la provincia de Manabí. Jipijapa, Manabí, Ecuador: UNESUM.
- Portuguez, D. (2015). Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica en la cuenca del río Sigüas utilizando geoinformática. *Análes científicos*, 324-329.
- Quimi, J., & Savinovich, P. (2020). Diseño de una estrategia de zonificación de la comuna Pejeyacu para el uso sostenible de sus recursos naturales. Machala, El Oro, Ecuador: Universidad Técnica de Machala.
- Ramírez, J. (2011). Alternativas de manejo sustentable de la cuenca del Río Pitura. Ibarra, Ecuador: Universidad Nacional de la Plata.

- Rayo, F. (2018). Caracterización de la Cuenca Hidrográfica del Río Jipijapa. Jipijapa, Manabí, Ecuador: UNESUM.
- REDLACH. (2009). Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas en un contexto de prevención, mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático. Santiago, Chile: FAO.
- Ríos, E. (2015). Principios del Manejo Integral de Cuencas. **SEMARNAT**, 1-5.
- Sánchez, N., & Garduño, R. (23 de Enero de 2008). Algunas consideraciones acerca de los sistemas de clasificación climática. **ContactoS**, 68, 5-10.
- SEMARNAT. (2013). *Cuencas Hidrográficas: Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*. México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y recursos Naturales.
- Senplades. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017*. Quito, Ecuador: Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo.
- SENPLADES. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del canton Jipijapa*. Jipijapa: GAD-Jipijapa.
- Senplades. (2017). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2017-2021*. Quito, Ecuador: Senplades.
- Solano, F. (2017). Propuesta de zonificación ambiental del corredor biológico interurbano río María Aguilar, Costa Rica. *Revista de ciencias ambientales*, 51(1), 33-50.
- Torres, A., & Ochoa, R. (2017). Propuesta de un Plan de Manejo Integral en una Cuenca Hidrográfica. Parte 1. **CIFAM**, 11-20.
- UNUPS. (2012). *Como elaborar un Plan de Manejo en la cuenca media y alta del Río Coco*. Managua: Oficina de las Naciones Unidas de Servicio para proyectos.
- Villasuso, I., & Florido, A. (2007). Propuesta para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: Experiencias de su implementación en Matanzas, Cuba. 105 - 114. Matanzas, Cuba: Seminario Internacional "Cogestión de cuencas hidrográficas experiencias y desafíos".
- WWAP. (2017). *Las aguas residuales: El recurso desaprovechado*. Perugia, Italia: Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas.

9. Anexos

Anexo 1: Formato de encuestas para expertos y profesionales en incendios forestales.

UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ CARRERA DE INGENIERIA EN MEDIO AMBIENTE

Formato de encuesta Socio- Económica y Productiva de la Cuenca Alta del Río Jipijapa

Contestar: Marque con una X lo que considera correcto:

a) Datos Generales:

Encuestado: _____ Fecha: _____

Lugar: Sitio _____ Recinto _____ Parroquia _____

b) Población:

1. Población estimada del lugar: _____

Población: N° de Familias _____

Moradores del hogar por sexo: Femenino: ____ Masculino: ____

Moradores del hogar por Edad: 0-14 años: ____ 14-65 años ____ +65 ____

c) Condiciones de Vida

2. Población Económicamente Activa

Personas del hogar que trabajan: _____ No trabajan: _____

Sueldos o salarios: S.B.U ____ > S.B.U ____ < S.B.U ____ Otros ____

Infraestructura del lugar 3. Acceso a la Salud:

Centros de salud S.S.C Medicina Alternativa

4. acceso al Agua:

Por Red Pública Carro Repartidor Río Pozo

5. Alcantarillado Sanitario:

Si posee No posee

6. Energía eléctrica

Si posee No posee

7. Comunicación:

Teléfono: Convencional celular

Internet: SI NO

Vía de acceso: Asfaltada Doble Riego Lastrada

8. Eliminación de basura:

Relleno Sanitario Vertiente, Río, o Quebrada Quema o
entierra

d) Aspecto Socio- Económico

9. Educación:

Analfabetismo: SI NO

Nivel: Básica secundaria superior cuarto
nivel

10. Vivienda

Construcción: Madera y caña hormigón Mixta

11. Unidades de producción agrícola

Tamaño: <5 has 5-10 has 10-20 has

Propietario: Con Título Con Posesión Otro

12. Actividad laboral

Trabaja en: Agricultura Artesanía Comercio Turismo

Explotación de recursos Empleado Público Empleado Privado

Otro

13. ¿Qué productos se dan en donde **ud vive?**

14. ¿Ha recibido capacitación agropecuaria del MAGAP?

Si No

15. ¿Cuáles son los problemas de la agricultura en su sector?

16. ¿Qué requiere **ud. para mejorar su situación actual?**

17. ¿Alguien de su familia a emigrado hacia otros sectores o países?

Si No

18/. ¿Cómo se considera?

Se considera: Muy Pobre

Pobre

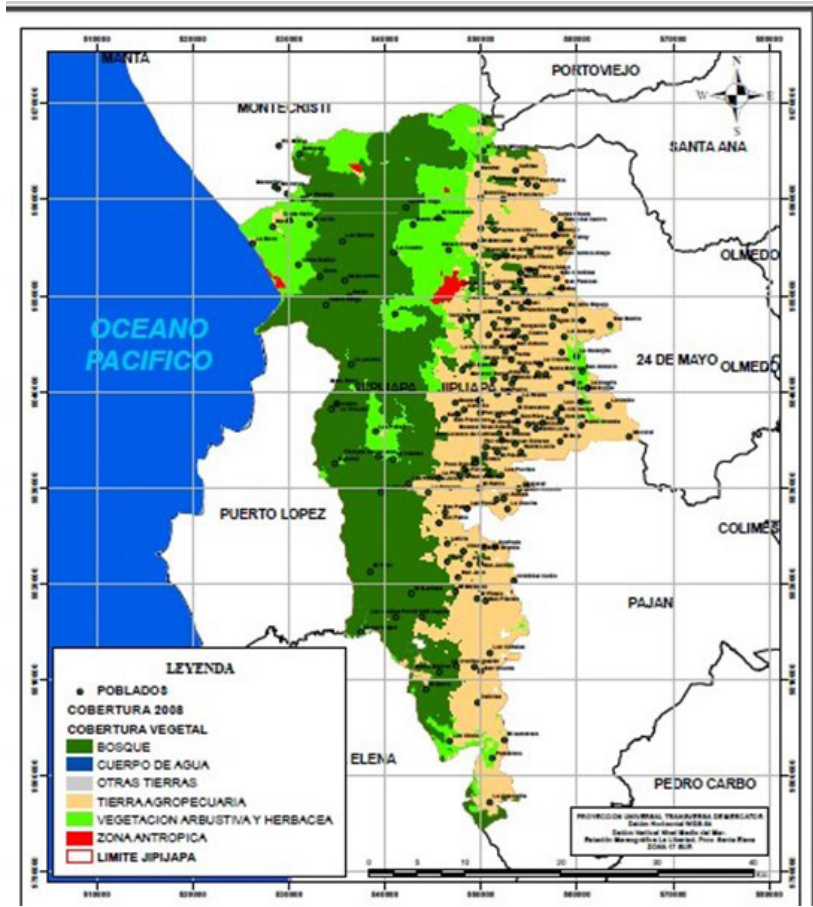
Clase Media

Rico

Firma Encuestado

Firma Encuestador

Anexo 2. Mapa de uso de cobertura y uso actual del suelo de Jipijapa
2008.



Fuente: PD y OT GAD Jipijapa 2015 (SENPLADES, 2015)

Anexo 3. Tabla de cobertura y uso actual del suelo del cantón Jipijapa 2008

Tabla 2.

Tabla de cobertura y uso actual del suelo del Cantón Jipijapa 2008.

COBERTURA Y USO DEL SUELO						
Año 2000	Año 2008		Diferencia			
Unidad de uso	SUPERFICIE	%	SUPERFICIE	%	SUPERFICIE	%
	(ha)		(ha)		(ha)	
Área poblada	443.85	0.30	1586.54	1.08	-1142.69	- 0.78
Área sin cobertura vegetal	387.10	0.26	204.05	0.14	183.05	0.12
Bosque nativo	82211.23	56.02	77432.34	52.77	4778.89	3.26
Cultivo anual	158.05	0.11	1068.06	0.73	-910.01	- 0.62
Cultivo perma- nente	1050.20	0.72	6943.81	4.73	-5893.61	- 4.02
Infraestructura	9.10	0.01	57.48	0.04	-48.38	- 0.03
Mosaico agro- pecuario	43045.50	29.33	44397.47	30.26	-1351.97	- 0.92
Cuerpos de agua	62.31	0.04	19.29	0.01	43.02	0.03
Pastizal	1371.59	0.93	4544.41	3.10	-3172.82	- 2.16
Vegetación arbustiva	17986.41	12.26	10301.39	7.02	7685.02	5.24
Vegetación herbáceas	16.26	0.01	186.76	0.13	-170.50	- 0.12
TOTAL	146741.60	100.00	146741.60	100.00		

Fuente: PD y OT GAD Jipijapa 2015 (SENPLADES, 2015)

EVALUACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

para una gestión sostenible

Capítulo 7

Inventario forestal en la cuenca alta
del río Jipijapa de la provincia de
Manabí

AUTORES: Darwin Marcos Salvatierra Piloza,, Jessenia Lissette Tóala Menéndez Dr. Gonzalo Cantos Cevallos Dr. Christian Cañarte Velez



Resumen

El inventario forestal permite el hallazgo de las especies presentes en un lugar determinado y propone objetivos de indagación, conservación y análisis de estructural de una comunidad vegetal. Con el propósito de valorar la muestra propuesta, esta investigación se desarrolló en la cuenca alta del río Jipijapa, en las comunidades Palmital, Choconchá y San Miguel, en la cual instalaron Parcelas Permanentes de Muestreo de 30 x 25 m y de un total de 750 m², en tres diferentes lotes en cada comunidad, sitios escogidos de forma aleatoria por el investigador. El inventario permitió conocer el comportamiento de las especies presentes en la superficie del área y la dinámica a través de la evaluación en la Unidad de Muestreo, dando como resultado la definición de las características más importantes de la estructura horizontal de un bosque natural, y las características de Abundancia, Dominancia, Frecuencia, Densidad e Índice de Valor de Importancia, permitiendo definir importancia ecológica y grado de heterogeneidad del ecosistema, así como la expresión de la diversidad y riqueza biológica a través de los Índices de Shannon-Wiener de 1,64, Índice de Simpson de 272,49 y Diversidad de Margalef de 1,95, dando cumplimiento a los objetivos del proyecto.

Palabras Claves: Inventario forestal, estructura y posición sociológica.

Abstract

The forest inventory allows the discovery of the species present in a given place and proposes objectives of investigation, conservation and structural analysis of a plant community. With the purpose of evaluating the proposed sample, this research was carried out in the upper basin of the Jipijapa River, in the Palmital, Choconchá and San Miguel communities, in which Permanent Sampling Plots of 30 x 25 m and a total of 750 m² were installed, in three different lots in each community, sites chosen randomly by the researcher. The inventory allowed knowing the behavior of the species present on the surface of the area and the dynamics through the evaluation in the Sampling Unit, resulting in the definition of the most important characteristics of the horizontal structure of a natural forest, and the characteristics of Abundance, Dominance, Frequency, Density and Importance Value Index, allowing to define ecological importance and degree of heterogeneity of the ecosystem, as well as the expression of diversity and biological richness through the Shannon-Wiener Indices of 1.64, Simpson Index of 272.49 and Margalef Diversity of 1.95, fulfilling the project objectives.

Keywords: Forest inventory, structure and sociological position.

Introducción

De acuerdo con (Campo & Duval, 2014), la conservación de los ecosistemas en áreas protegidas comprende la protección de la composición, estructura y funcionamiento de los elementos que constituyen la biodiversidad. Su protección es una problemática compleja que requiere de un conocimiento profundo de la relación ambiente-sociedad en espacios geográficos concretos. La variedad y cantidad de los tipos de vegetación son indicadores relevantes en el análisis de la biodiversidad de un ecosistema para su conservación (2014).

En estudios de biodiversidad, a partir del muestreo de comunidades, el tamaño de la muestra o número de unidades de observación puede ser pequeño, para realizar inferencia paramétrica sobre la diversidad existente. No obstante, es deseable lograr estimaciones con niveles de confianza conocidos (Pla, 2006).

Para lograrlo, los inventarios forestales suelen ser los mejores recursos de investigación de diversidad, pues describen la estructura y función de la vegetación, su aplicación y usos, el manejo de los recursos, entre otros de acuerdo con Campo y Duval (2014).

En el Ecuador, el desarrollo del Inventario Forestal Nacional (IFN) es ahora una atribución legal, según lo indica el Código Orgánico Ambiental, vigente desde abril del 2018, publicado en el Registro Oficial Suplemento N°983 de 12-abril-2017, en su artículo 24, numeral 11 que menciona como atribución de la Autoridad Nacional Ambiental realizar y mantener actualizado el inventario forestal nacional (ENF [Evaluación Nacional Forestal] , 2020). Con la finalidad de proporcionar información cualitativa y cuantitativa sobre el estado, utilización, ordenación y tendencias del Patrimonio Forestal Nacional del Ecuador.

A través del Ministerio de Ambiente, el IFN pretende la caracterización de las propiedades y el reconocimiento de la complejidad estructural presentes en los bosques, así como la medición y cuantificación de la diversidad y riqueza del entorno a través del valor de las estructuras horizontales y verticales de la biomasa forestal, empleando índices cuantitativos que muestran la relevancia de su conservación nacional (2020).

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Inventariar la diversidad florística en las comunidades Palmital, Choconchá y San Miguel, de la cuenca alta del río Jipijapa.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar la diversidad florística en comunidades Palmital, Choconchá y San Miguel, como aporte al inventario nacional del Ecuador.
- Caracterizar las especies y familias florísticas en la cuenca alta del río Jipijapa.
- Determinar el índice de importancia ecológica de las especies forestales encontradas en las tres localidades.

1.2. Objeto de Estudio y Campo de Acción

1.2.1. Objeto de Estudio

Estudio florístico en las comunidades Palmital, Choconchá y San Miguel en la cuenca alta del río Jipijapa.

1.2.2. Campo de Acción

Determinar la diversidad florística, índice de importancia ecológica, caracterizar las especies y familias, existentes en las comunidades Palmital, Choconchá y San Miguel, como aporte al Inventario Nacional del Ecuador.

1.3. Preguntas de Investigación

¿Cuál es la importancia ecológica de las especies presentes en el área de estudio?

1.4. Alcance de la Investigación

Esta investigación es de alcance descriptivo, de acuerdo con Hernández-Sampieri, Fernández-Collado, y Baptista-Lucio (2014), busca la especificidad de propiedades, características y perfiles de las especies vegetales presentes en el inventario, y la relación conceptual de las variables o categorías resultantes en la investigación como los índices de valor importancia ecológica, Shannon-Wiener, Simpson y riqueza de Margalef.

1.5. Hipótesis de la Investigación

En esta investigación no se plantea hipótesis.

1.6. Proyecto de Investigación al que se vincula el tema

Inventario Florístico de un fragmento de bosque en el río Jipijapa (2018).

2. Marco Referencial

2.1. Inventario Forestal

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el inventario forestal consiste en la recolección sistemática de datos sobre los recursos forestales de una zona determinada, es considerada la herramienta más importante en la Gestión Forestal Sostenible (GFS), ya que permite la evaluación del estado actual y sienta las bases del análisis y la planificación, que constituyen el punto de partida de una gestión forestal sostenible (FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura], 2017).

2.1.1. Importancia del Inventario Forestal

De acuerdo con la FAO (2017), su importancia radica en que sólo es posible adoptar decisiones que se funden en información fiable y sólida, por lo que es necesario un proceso cíclico de recolección de datos, adopción de decisiones y evaluación de los resultados obtenidos, ya que en la actualidad, un inventario forestal se concibe como un instrumento con múltiples objetivos y a su realización contribuyen expertos en diferentes campos, como por ejemplo: muestreo, mapeo, tecnologías de la información, ciencias sociales, teledetección, medición y elaboración de modelos, a fin de evaluar las múltiples funciones que cumplen los bosques y los árboles sostenible.

La captura de imágenes para crear un análisis que muestra las variaciones dentro de una masa forestal, con la distribución de la densidad y la altura de los árboles, permite identificar las especies forestales, detectar el estado de salud, y tomar decisiones sobre medidas de conservación, cuidado y preservación de la diversidad biológica de los bosques (FAO, 2014).

Según Cuñachi (2018) es fundamental el desarrollo del inventario forestal como parte fundamental del estudio, porque permite realizar en forma ordenada las operaciones de extracción forestal, y conociendo el bosque con anticipación es posible prever su aprovechamiento oportuno y obtener el mayor beneficio económico.

Además la localización y el número de árboles aprovechables que forman parte del entorno delimitado, contribuye al estudio de la biota, su comportamiento natural, facilita el análisis del impacto de las actividades productivas

que el ser humano realiza en hábitats naturales e identificar las concentraciones de los árboles (mánchales), para orientar la apertura de caminos, entre otras actividades que inevitablemente el hombre realiza a causa del crecimiento de la población (Cuñachi, 2018).

2.1.2. Objetivos y Delimitaciones de Inventarios Forestales

De acuerdo con la FAO (2014) los objetivos con que puede ser desarrollado un inventario forestal suele estar alineado a los principales intereses sobre el manejo forestal, donde las diversas organizaciones, de cualquier escala, pretenden generar información fidedigna para una mejor política forestal que tenga en cuenta la realidad y las necesidades de la población, esperando que esto pueda dar como resultado la gestión racional y sostenible de los recursos de bosques y otros hábitats naturales.

Consecuentemente, el objeto del estudio de las variables que componen la estructura vertical y horizontal de los bosques, busca contribuir a la formación en inventarios forestales y en la recogida de datos sobre la utilización del bosque mediante la interacción con los usuarios locales de los bosques (FAO, 2014).

A gran escala, el objetivo de la construcción de inventarios forestales es una iniciativa que pretende dar a conocer a los países el enfoque alternativo diseñado para generar, a relativamente bajo costo, información sobre los bosques y los árboles fuera del bosque, incluso todos beneficios, gestión, usuarios y usos de los mismos recursos, así como construir habilidades nacionales y armonizar métodos, definiciones forestales y sistemas de clasificación entre países (ENF [Evaluación Nacional Forestal], 2020).

Las limitaciones que enmarcan el desarrollo de un inventario forestal están relacionadas a las directrices y ejes evaluativos de la investigación, McRoberts, Tomppo y Czaplewski (2021) establecen que generalmente existen tres puntos que delimitan dicha discusión, y estos son:

Los enfoques deben ser simplificados y concretos, dirigidos a la satisfacción de un objetivo en concreto y simple, pues los diseños polivalentes que pueden emplearse de forma fiable únicamente si se cuenta con la colaboración de un experto local,

El diseño de evaluación que, según Tomppo, Kangas, & Maltamo (2006) consta de 3 etapas: Desarrollo del diseño y los métodos de muestreo, recopilación de datos (encuestas sobre el terreno, análisis de datos obtenidos y otras fuentes), análisis de datos y resolución de resultados.

Sin embargo, un diseño más flexible reduce el riesgo de sesgo así como de pérdida de credibilidad (2021), y en tercer y último lugar, las limitaciones en la construcción de un inventario forestal deben considerar tácitamente que los diseños que cuentan con muestras de igual probabilidad o, en el caso de los diseños estratificados, muestras de igual probabilidad.

2.1.3. *Diseño de Inventario Forestal*

A través de la delimitación de la planificación del inventario forestal, previo a la puesta en marcha de la metodología, se determina la población y muestra forestal, ya que de acuerdo con McRoberts *et al.* (2021), tratar de medir todos y cada uno de los árboles de una extensión forestal de un millón de hectáreas forestales significa una pérdida de recursos científicos y económicos.

De manera que una muestra mide una parte de la población que, en ingeniería forestal, suele ser bastante pequeña, pero a través de los cálculos basados en los datos recopilados a partir de una muestra medida se extrapolan al conjunto de la población, dando como resultado una mayor área de análisis, para eso McRoberts *et al.* (2021), determina que el cálculo adecuado de la población y muestra maximiza el número de unidades de muestra observadas o medidas y minimiza los errores de medición de cada una de ellas.

Se distinguen tres términos: marco de muestreo, diseño de muestreo y configuración de parcela. Marco de muestreo: conjunto de todas las unidades de muestra posibles; diseño de muestreo: subconjunto de unidades de muestra que representan a la población; configuración de parcela: tamaño, forma y componentes de la parcela de campo según McRoberts *et al.* (2021).

Para el diseño del muestreo se conoce según McRoberts *et al.* (2021): el muestreo subjetivo o dirigido, que emplea el juicio profesional para seleccionar aquellas unidades de muestra que se consideran representativas del conjunto de la población, a menudo es más cómodo medir estas unidades, lo que reduce el coste.

Y el muestreo probabilístico, sustituye los juicios subjetivos por reglas objetivas basadas en probabilidades conocidas, donde se toma el cálculo muestra poblacional a partir de la población total (2021).

Para esto se requiere de la variable Intensidad de muestreo, que se define como el número de parcelas de muestreo que se debe realizar por rodal, este parámetro depende de la precisión que se quiera en el muestreo (error) y de la variabilidad o heterogeneidad de la masa (Institute D'Horticultura I Jardineria de Reus, 2019).

Para el cálculo de Intensidad de Muestreo (2019) se considera que si se trata de rodales heterogéneos, la intensidad del muestreo debe ser mayor, las variables a considerar son:

$$n = \frac{t^2 CV^2}{E^2 + \frac{4CV^2}{N}}$$

Dónde: n = número de parcelas de muestreo en el rodal, t= t de Student (parámetro estadístico) en inventario forestal =2 para fiabilidad del 95%, CV=- Coeficiente de variación, E=error relativo máximo admisible (en función del objetivo de gestión), y N=número de parcelas de igual superficie que componen la población (Institute D'Horticultura I Jardineria de Reus, 2019).

Para la determinación del tamaño de la muestra, se emplea la fórmula recomendada por el CIENES, como se citó en Pionce *et al.* (2018)

$$n = f * N$$

Dónde: f = Intensidad de Muestreo, n= tamaño de la muestra, y N=Población total.

2.1.4. Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM)

Las parcelas permanentes de medición son el principal instrumento utilizado para el monitoreo de los principales indicadores de crecimiento y productividad, así como la diversidad forestal y su estructura (Pineda-Cotzajay, 2014)

De acuerdo con Gómez (2012), las PPM son una herramienta para el manejo e investigación de la dinámica de los bosques naturales (en su estado natural y bajo intervención). Se obtienen de ellas los datos de crecimiento y producción, y tiene implicaciones directas para el manejo forestal, que permite tomar decisiones en el corto, mediano y largo plazo, para invertir en la actividad forestal.

La información que se obtiene por lo general es usada para construir, mejorar o actualizar los cálculos, en cuanto a la dinámica del bosque en su estado natural e intervenida para mejorar su estructura (Gómez & Salazar, 2010).

Permite el manejo e investigación de la diversidad florística en bosques naturales y evalúa el crecimiento y producción de las especies en las implicaciones que estas tienen en el manejo forestal (Gómez & Salazar, 2010).

En una Parcela Permanente de Muestreo, el área que corresponde está delimitada en la mayoría de los casos por 1 hectárea, donde se marcan todos los árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 10 cm. A cada árbol se le mide el DAP, la altura total y la altura del fuste, al igual que se toma una muestra botánica para su correcta identificación y se toman las características de su fuste u otras características como raíces tabulares o cualquier otra condición relevante (Instituto SINCHI, 2020).

2.2. Diversidad Biológica

De acuerdo con la ONU (2020), la biodiversidad o diversidad biológica describe la amplia variedad de plantas, animales y microorganismos existentes, pero también incluye las diferencias genéticas dentro de cada especie, por ejemplo, entre las variedades de cultivos y las razas de ganado, así como la variedad de ecosistemas: lagos, bosques, desiertos, campos agrarios, etc., las mismas que albergan múltiples interacciones entre individuos (humanos, plantas, animales) y su entorno (agua, aire, suelo, etc.).

De acuerdo con Ferriol-Molina y Merle-Farinós (2012), la diversidad biológica en el contexto del estudio de las comunidades se fragmenta en grupos de indicadores de riqueza de las especies, y estos fragmentos son:

1- Diversidad Alfa, que hace referencia a la riqueza de especies en una comunidad determinada, delimitada por un área geográfica y tipo de ecosistema que se considera homogéneo, describe la diversidad a nivel local (Ferriol-Molina & Merle-Farinós, 2012).

2- Diversidad Beta es el grado o porcentaje de variabilidad que existe entre dos hábitats o ecosistemas con características diferentes, suele hacer comparaciones entre hábitats y estudia las especies a nivel regional (Ferriol-Molina & Merle-Farinós, 2012).

3- Diversidad Gama es el conjunto de diversidad que integra un paisaje en el que se pueden considerar diferentes tipos de hábitats, donde también podríamos definirla como el conjunto de las dos expresiones anteriores, se aplica en la descripción de comunidades biológicas (Ferriol-Molina & Merle-Farinós, 2012).

Según se citó en Campo y Duval (2014) la sintetización de los resultados es más conceptual, ya que se considera que existen distintos tipos de diversidad: la local o diversidad α (alfa), la diferenciación de la diversidad entre áreas o diversidad β (beta) y la diversidad (gamma) que reúne a las dos anteriores.

2.2.1. Endemismo

De acuerdo con Noguera (2017), el endemismo es un concepto comúnmente usado para identificar a taxones nativos o grupos biológicos con área de distribución restringida, sin embargo, el endemismo tiene diferentes interpretaciones de acuerdo a la aproximación usada para los análisis biogeográficos (ecológico o histórico).

Los múltiples usos del endemismo han llevado a proponer otros conceptos relacionados con las áreas geográficas ocupadas por los taxones endémicos (área endémica, área de endemismo, centro de endemismo) (2017).

En algunos casos los resultados de las técnicas y protocolos usados para evaluar el endemismo son malinterpretados, ya que en la literatura los tres términos son usados como sinónimos. Además, se comparan y discuten las técnicas y protocolos usados para evaluar el endemismo. Es necesario el uso de un concepto unificado del endemismo, lo cual podría facilitar su interpretación tanto en ecología como en conservación y biogeografía (Noguera, 2017.)

De acuerdo con la FAO (2012) los niveles más altos de endemismos en el Ecuador están asociados a los Andes, mayoritariamente desde el bosque andino alto hasta el páramo, y a las Islas Galápagos (Rivero-Guerra, 2020).

Gracias a su ubicación en el centro del mundo, el Ecuador concentra en un pequeño territorio la diversidad del planeta, que se conjuga en la Cordillera de los Andes, costas paradisíacas, misteriosas y profundas selvas amazónicas y un tesoro único en el mundo que constituye un laboratorio natural llamado Galápagos (Ministerio de Turismo del Ecuador, 2014).

2.2.2. Importancia de la Conservación de Especies Endémicas

Según la FAO los recursos biológicos son los pilares que sustentan las civilizaciones, más del 80% de la dieta humana está basada en plantas y, aproximadamente, el 80% de las personas que viven en las zonas rurales de países en desarrollo dependen de medicamentos tradicionales obtenidos de la vegetación de su entorno (2017).

Los bosques, amenazados por la deforestación, así como otros ecosistemas, son de vital importancia para sustentar la vida en la Tierra y juegan un papel importante en la lucha contra el cambio climático (FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura], 2017).

3. Materiales y Métodos

3.1 Enfoque

El enfoque de la investigación de acuerdo con Hernández-Sampieri *et al.* (2014), es mixto y utiliza evidencia de datos numéricos, verbales, textuales, visuales, simbólicos y de otras clases para resolver los problemas en las ciencias, ya que en esencia integra métodos cuantitativos y cualitativos.

De tal manera que según Hernández-Sampieri *et al.* (2014), emplear un enfoque mixto aporta a la naturaleza compleja de la gran mayoría de los fenómenos o problemas de investigación abordados en las distintas ciencias, abordando dos realidades investigativas: una objetiva y la otra subjetiva.

En este caso, el enfoque mixto se planteó de acuerdo a los objetivos planteados, para realizar el inventario de diversidad florística en las comunidades Palmital, Choconchá y San Miguel, del cantón Jipijapa de la provincia de Manabí, donde se instaló y evaluó un método de muestreo por parcelas para el estudio de las especies, y la determinación de indicadores de importancia biológica y ecológica, entre otras variables de tipo cuantitativas. Complementando los resultados con la caracterización de los especímenes encontrados *in situ* que, responde a las variables de tipo cualitativo.

3.2.Contexto Investigativo

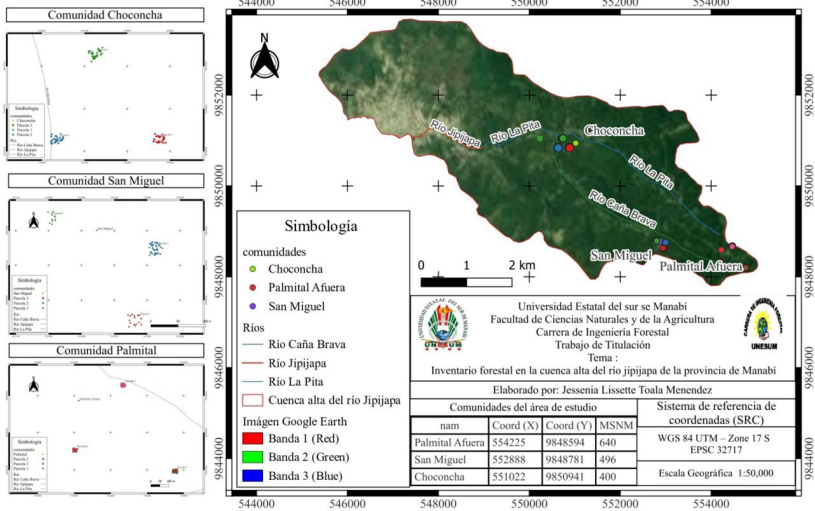
Como parámetros contextuales de la investigación, esta requirió de la delimitación de las variables a cualitativa y cuantitativa, como Hernández-Sampieri *et al.* (2014), estableciendo específicamente los límites temporales y espaciales del estudio (en época y lugar), así como las unidades de observación.

3.2.1. Sitio de la Investigación

El cantón Jipijapa está ubicado en el extremo sur occidental de la provincia de Manabí, a 403 Km de Quito, ciudad capital del Ecuador, cuenta con una extensión de 1.420 Km². El universo de la investigación se localizó en la cuenca alta del río Jipijapa (Figura 1), que comprende una extensión de 20.55 Km² (Jaramillo, 2017), esta (investigación) se desarrolló en 3 de las 62 comunidades del cantón: Palmital, Choconchá y San Miguel.

Figura 1.

Comunidades y parcelas establecidas en la cuenca alta del río Jipijapa.



La cuenca hidrográfica del río Jipijapa se encuentra ubicada en la parte Sur de la Provincia de Manabí; tiene una superficie de 251 Km² y está limitada al Norte por el sistema montañoso Cerro Corralitos- Cuchilla de la Cuesta; al Sur por el sistema montañoso la Crucita del Alta- Mero Seco; al Este, La Cordillera de Balzar; y al Oeste, La Cordillera Costanera (Jaramillo, 2017).

3.2.2. Clima del Sitio de la Investigación

La cuenca alta del río Jipijapa y sus comunidades son de clima característicamente húmedo, lo que contribuye al desarrollo de la flora y fauna endémica de la zona.

El clima del cantón es variable, ya que la provincia de Manabí tiene muchos climas diferentes, dominado por **Aw**, de acuerdo al sistema de clasificación climática de Köppen-Geiger, donde **A** representa el clima, en este caso “tropical o macro térmico” y **W**, representa el régimen de precipitaciones, este caso “con periodos de sequía invernal” (Climate-Data.org, 2022).

En los meses más cálidos, donde el máximo promedio de temperatura alta es entre abril y mayo, esta alcanza los 29.8°C, y el mes con el promedio de temperatura alta, más bajo es enero con 28.4°C. El mes más frío con el promedio de temperatura baja más bajo, es agosto con 19.6°C (Climate-Data.org, 2022).

3.2.3. Vegetación del Sitio de la Investigación

La vegetación característica de la cuenca alta del río Jipijapa y en las comunidades Palmital, Choconchá y San Miguel, es abundante y endémica, el sitio está localizado entre el macizo montañoso aislado e irregular entre Jipijapa y Manta, que da lugar al valle enmarcado entre las montañas costaneras que comunican con Bahía de Caráquez. Esta áreas montañosas cuenta con vegetación virgen en un 20% aproximadamente, constituida principalmente de un bosque seco (GAD Jipijapa, 2015).

Esta investigación se constituye como herramienta para conocer la vegetación, sus características y puede ser utilizado para planificar medidas de conservación y preservación del sitio, así como desarrollar propuestas de manejo integral de la vegetación y la diversidad de presentes en la cuenca alta del río Jipijapa y en las comunidades Palmital, Choconchá y San Miguel, del cantón Jipijapa de la provincia de Manabí.

3.3. Metodología

Para el desarrollo de esta investigación se realizó una observación preliminar, en ella se consideró la distinción de las especies *in situ* en el sector, la abundancia de las especies y las vías de acceso a la zona, para proceder a la planificación de las etapas, tareas y actividades a desarrollar para el cumplimiento de los objetivos.

A partir de esto se procedió al desarrollo de la planificación por objetivos y este, se describe a continuación.

Objetivo 1. para su desarrollo se decidió utilizar el método de muestreo por parcelas empleado por Mendoza, Jiménez y La Rosa (2004), y Gómez y Salazar (2010), método que permite el manejo e investigación de la diversidad florística en bosques naturales y evalúa el crecimiento y producción de las especies en las implicaciones que estas tienen en el manejo forestal, de carácter subjetivo o dirigido, ya que la muestra fue decidida de forma aleatoria por la investigadora.

Para su efecto se procedió a instalar 3 parcelas en cada comunidad, las mismas que responden a la metodología adaptada de Shannon-Weaver, Simpson y riqueza de Margalef, para lo que se han empleado las siguientes variables: Las parcelas se dimensionan de 30 x 25 m y de un total de 750 m², de donde se observan en la misma comunidad si estas son alta, media o regular.

La intensidad del muestreo fue del 1 % sobre el total de hectáreas del predio, y se tomaron los fustales con un rango mayor a 9.99 cm de DAP que responde a las variables dandométricas de diámetro a la altura del pecho con una cinta métrica, altura total (h) y volumen de copa (copa), los latizales desde 3 a 9.99 cm de DAP y los latizales alto y bajo desde 0.1 a 2.99 cm de DAP.

Objetivo 2. para la caracterización de las especies según el planteamiento de este objetivo, se tabuló el hallazgo de la información anterior, se considera la determinación de la Estructura vertical y horizontal de los especímenes recolectados, para posteriormente dar lugar al cálculo de la abundancia por especies, de acuerdo al número de especies forestales halladas, su cobertura en función de la copa, y la frecuencia en base a la presencia en las comunidades Palmital, Choconchá y San Miguel del cantón Jipijapa.

Además para el desarrollo de este objetivo se realizó la caracterización de las especies encontradas en los inventarios, a través de la recolección de muestras de especímenes que contribuyan a la más adecuada descripción de cada uno de ellos.

Objetivo 3. donde posteriormente, en el análisis de los resultados obtenidos en el objetivo anterior, se procedió a la determinación de abundancia, de acuerdo al número de árboles, su cobertura en función del área de la copa, y su frecuencia con la presencia en el sitio de muestreo (Ferro-Díaz, 2015).

Además, la incidencia de estos valores permitió la obtención del Índice de Valor de Importancia (IVI), índice ecológico que evalúa las características particulares de los bosques o masa forestal, que se compone de un gran número de especies representadas por pocos individuos, de acuerdo a lo expresado por (Huertas & Benavides, 2018).

La abundancia relativa se calculó de acuerdo con Huertas y Benavides (2018) para evaluar la estructura horizontal del área de la parcela en las comunidades Palmital, Choconchá y San Miguel del cantón Jipijapa, tal estructura responde a los datos que expresan la presencia de las especies *in situ*, de manera que se denota la importancia ecológica dentro del ecosistema, como es el caso de las demás variables: abundancia, frecuencia, dominancia, cuya relatividad expresan el Índice de Valor de Importancia (IVI) según lo expresa (Huertas & Benavides, 2018).

3.4. Materiales

Para el desarrollo de esta investigación se emplearon materiales y equipos que se describen a continuación: laptop, cámara, smartphone, GPS, im-

presora, memoria USB, software QGIS, Microsoft Office, cinta métrica, flexómetro, libreta de apuntes, esferos y lápiz, cinta para marcar, papel bond A4.

3.5. Diseño Experimental

El diseño descrito para el desarrollo de esta investigación es de tipo no experimental transeccional exploratorio, de acuerdo con Hernández-Sampieri *et al.* (2014) , ya que partió de la recolección de datos único y abarcó varios indicadores como los índices de valor importancia ecológica, Shannon-Weaver, Simpson y riqueza de Margalef.

A partir de esto se estudió como objeto principal de la investigación el conocimiento de estas variables y su presencia en las comunidades Palmital, Choconchá y San Miguel, se obtendrán los siguientes datos.

3.5.1. Variables de la Muestra

La determinación de la estructura horizontal requiere de la consideración de las siguientes variables:

- 1) Abundancia absoluta (Aa)

$$Aa = N^{\circ} \text{ de individuos de una especie}$$

Dónde: Aa = Abundancia absoluta

- 2) Abundancia relativa (Ar)

$$\text{Abundancia relativa (Ar)} = \frac{n^{\circ} \text{ de individuos de una especie}}{\sum Aa \text{ de todas las especies}} \times 100$$

Dónde: Ar = Abundancia relativa, Aa = Abundancia absoluta

- 3) Frecuencia absoluta (Fa)

$$Fa = N^{\circ} \text{ de parcelas en que se presenta una especie}$$

Dónde: Fa = Frecuencia absoluta

- 4) Frecuencia Relativa (Fr)

$$\text{Frecuencia relativa (Fr)} = \frac{Fa \text{ de la especie}}{\sum Fa \text{ de todas las especies}} \times 100$$

Dónde: Fr = Frecuencia relativa, Fa = Frecuencia absoluta

- 5) Dominancia

$$\text{Dominancia} = \frac{\text{Área basal por individuo}}{\text{Área basal del total de individuos}}$$

- 6) Dominancia relativa

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia por especie}}{\text{Dominancia de todas las especies}} \times 100$$

- 7) Densidad absoluta

$$\text{Densidad absoluta} = \frac{N^{\circ} \text{ de individuos de una especie}}{\text{Área muestreada}}$$

- 8) Densidad relativa

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad absoluta por cada especie}}{\text{Densidad absoluta de todas las especies}} \times 100$$

- 9) Índice de Valor de Importancia (IVI)

$$\text{IVI} = \text{Densidad relativa} + \text{Dominancia relativa} + \text{Frecuencia relativa}$$

3.5.2. Índices de Riqueza y Diversidad

En este estudio se utilizó la diversidad alfa que es la riqueza de especies de una comunidad particular a la que se considera homogénea (Campo & Duval, 2014), entre los varios métodos para evaluar la diversidad alfa se propuso, 10) Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H'), que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra; mide el grado promedio de la incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar en una colección (Valdez, y otros, 2018). Estudia la estructura a través del Índice de abundancia proporcional en el entorno de equidad (Campo & Duval, 2014). La fórmula del cálculo es:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Dónde: H' = Índice de Diversidad de Shannon, P_i = abundancia relativa de cada especie y es igual a n_i/N , en que n_i es la abundancia de la especie de rango y N al número total de ejemplares recolectados; \log_2 = logaritmo se calcula en base 2.

11) Índice de Diversidad de Simpson (λ), que determina la probabilidad de que dos individuos elegidos aleatoriamente en una comunidad pertenezcan a la misma especie, indica por lo tanto la relación que existe entre la riqueza o número de especies y la abundancia de individuos por especie (Valdez *et al.* (2018). Estudia la estructura a través del Índice de abundancia proporcional en el entorno de dominancia (Campo & Duval, 2014). La fórmula del cálculo es:

$$D_{Si}(\lambda) = \frac{S}{1-\lambda} \sum P_i^2$$

Dónde: D_{Si} ($1-\lambda$) = Índice de Simpson, p_i = igual a la abundancia proporcional de la especie i se obtiene mediante el número de individuos de la especie entre número total de individuos de la muestra. Como el valor del índice de Simpson es inverso a la equidad (dominancia), Simpson se calcula como $1-\lambda$.

12) Índice de Riqueza de Margalef (D_{Mg}), mide la biodiversidad ya que proporciona datos de riqueza de especies de la vegetación, tomando de referencia el número de especies por número de individuos especificados o la cantidad de especies por área en una muestra (Valdez *et al.* (2018). Su fórmula es:

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

Dónde: D_{Mg} = Índice de diversidad específica de Margalef, S = número total de especies presentes, y N = número total de individuos.

13) Parámetros dasométricos

$$\text{Área basal (AB)} = \frac{\pi}{4} \times DAP^2$$

Dónde: AB = área basal

$$\text{Volumen} = g * hc * 0,7854$$

Dónde: g = área basal, hc = altura comercial, 0.7854 = factor de corrección

La determinación de la estructura vertical está dada por la altura de los árboles que se encuentran en el sitio de la investigación y para su análisis, de acuerdo con Pionce, Suatunce, Pionce y Ortega (2018), se debe clasificar en categorías de acuerdo a su altura. De manera que, se consideraron tres estratos o estudios:

- 1) Latizal Alto: mayor a 9.99 cm de DAP,
- 2) Latizal Medio: desde 3 a 9.99 cm de DAP,

3) Latizal Bajo: desde 0.1 a 2.99 cm de DAP.

3.5.3. Descripción de Instrumentos

Como criterio de selección del área de estudio, se consideró que la intensidad del muestreo sea del 1 % de la totalidad de las hectáreas del área, dando como resultado la instalación de 3 parcelas en cada comunidad antes mencionadas, de dimensión 30 x 25 m, considerando un área de muestreo de 750 m².

Se describen 3 lotes, uno en cada una de las comunidades objeto de este estudio: Palmital, Choconchá y San Miguel, del cantón Jipijapa, y cada una de ellas se instalaron 3 parcelas de dimensiones antes expuestas.

En la evaluación de especies forestales se consideró la masa adulta con un rango mayor a 9.99 cm de DAP latizales desde 3 a 9.99 cm de DAP, y latizal alto y latizal bajo desde 0.1 a 2.99 cm de DAP.

4. Resultados

4.1 Resultados Obtenidos en la Comunidad Palmital del Cantón Jipijapa

Tras la recolección de la información obtenida de las 3 unidades de muestreo de tipo parcelas permanentes, instaladas en la comunidad Palmital (Figura 2), dimensionadas de 30 x 25 m, se obtuvo un área de 750 m², totalizando el área total de 2.250 m², se obtuvo que (Anexo 1, Tabla 3): se registraron 12 especies forestales, que presentaron 117 especímenes, y a partir de las variables dasométricas tomadas de la muestra se calcularon los Indicadores de Diversidad y Riqueza Biológica (Anexo 1, Tabla 5).

Figura 2.

Geolocalización de las Parcelas Permanentes de Muestreo instaladas en la comunidad Palmital.

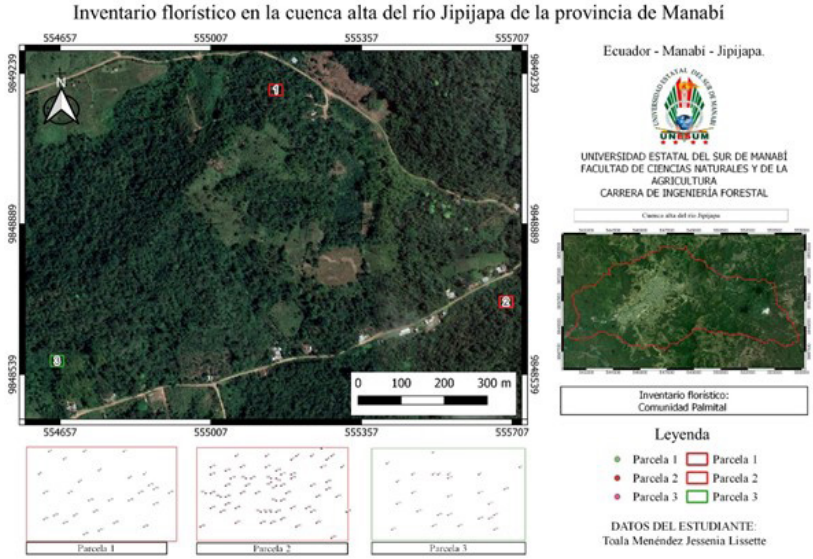
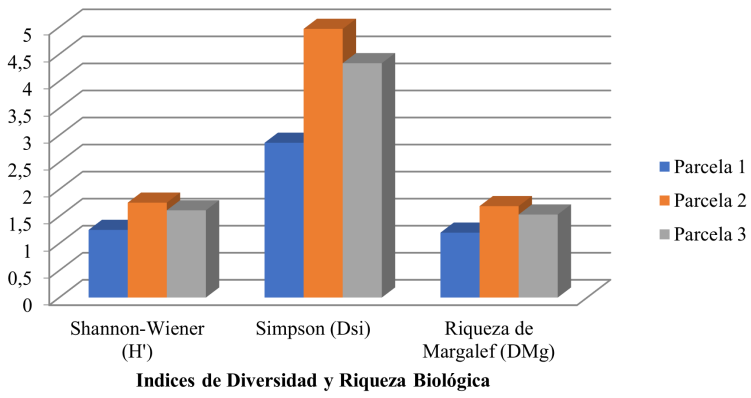


Figura 3.

Indicadores de Diversidad y Riqueza Biológica de las especies presentes en la comunidad Palmital.



Las PPM instaladas en los tres lotes de selección aleatoria, en la comunidad Palmital mostraron como resultado el cálculo de indicadores (Anexo 1, Tabla 4) a partir de las variables dasométricas. A través de una gráfica

comparativa (Figura 3) se puede denotar que el Índice de Shannon-Wiener es cercano entre las parcelas, siendo 1,251, 1,754, y 1,613 respectivamente, es decir que la diversidad presente en la comunidad es de rango normal pues se encuentra en el rango 0,5 a 5.

El Índice de Simpson demostró que la parcela 1 con 2,861 es diferente de las parcelas 2 y 3, con 4,967 y 4,333 respectivamente, lo que indica que las parcelas 2 y 3 guardaron mayor probabilidad de encuentro intraespecífico de hallar más de un individuo de una misma especie, lo que concuerda con los hallazgos descritos en la totalización de resultados por comunidad (Anexo 1, Tabla 4).

El Índice de Margalef indica que cada parcela se define como ecosistema de poca diversidad, ya que los valores resultantes en cada parcela son: 1,200 en la primera, 1,690 en la segunda, y 1,535 en la tercera, a penas menores a 2 (Anexo 1, Tabla 4).

4.2. Resultados Obtenidos en la Comunidad Choconchá del Cantón Jipijapa

Tras la recolección de la información obtenida de las 3 unidades de muestreo de tipo parcelas permanentes, instaladas en la comunidad Choconchá (Figura 4), dimensionadas de 30 x 25 m se obtuvo un área de 750 m², totalizando el área total de 2.250 m², se obtuvo que (Anexo 2, Tabla 8): se registraron 13 especies forestales, que presentaron 100 especímenes.

A partir de las variables dasométricas tomadas de la muestra se calcularon los Indicadores de Diversidad y Riqueza Biológica (Anexo 2, Tabla 8).

Figura 4.

Geolocalización de las Parcelas Permanentes de Muestreo instaladas en la comunidad Choconchá.

Inventario florístico en la cuenca alta del río Jipijapa de la provincia de Manabí

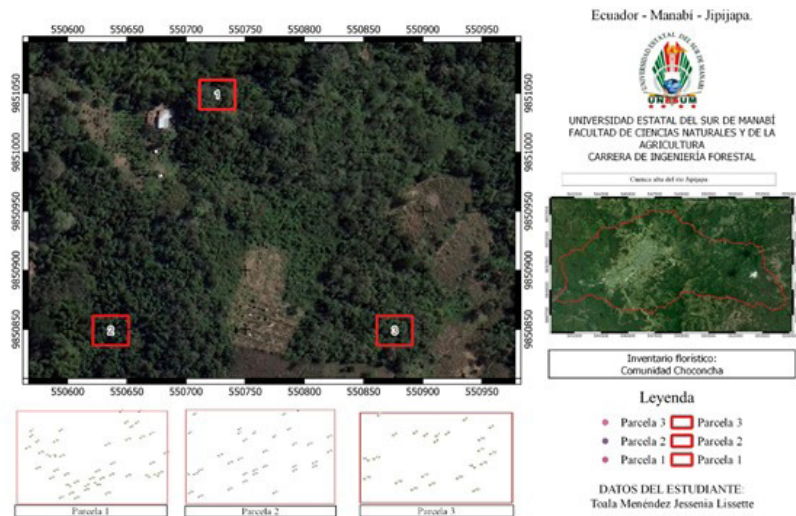
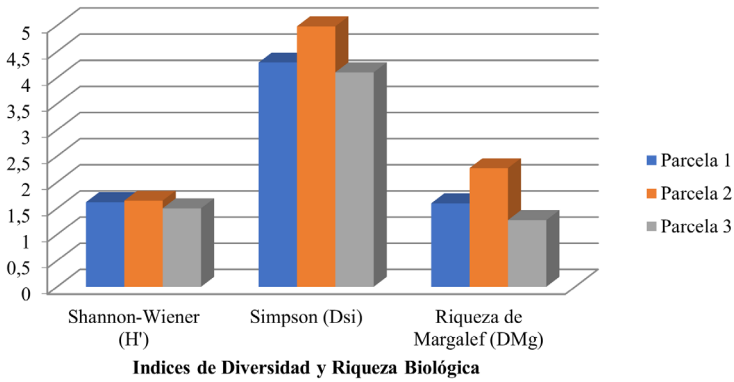


Figura 5.

Indicadores de Diversidad y Riqueza Biológica de las especies presentes en la comunidad Choconchá.



Las PPM instaladas en los tres lotes de selección aleatoria, en la comunidad Choconchá del cantón Jipijapa dieron como resultado el cálculo de indicadores (Anexo 2, Tabla 7) a partir de las variables dasométricas. A través

de una gráfica comparativa (Figura 5) se puede denotar que el Índice de Shannon-Wiener de cada parcela es cercano entre sí, siendo 1,616, 1,647, y 1,500 respectivamente, es decir que la diversidad presente en la comunidad es de rango normal pues se encuentra en el rango 0,5 a 5.

El Índice de Simpson demostró que la parcela 2 con 4,983 es superior que las parcelas 1 y 3, con 4,290 y 4,101 respectivamente, lo que indica que la parcela 2 es de mayor probabilidad de encuentro intraespecífico de hallar más de un individuo de una misma especie, lo que concuerda con los hallazgos descritos en la totalización de resultados por comunidad (Anexo 2, Tabla 7).

Así mismo, el Índice de Margalef indica que la parcela 2 con 2,269 describe un ecosistema de alta diversidad, y la parcela 1 y 3 con valores a penas menores a 2, de 1,595 y 1,276, respectivamente.

4.3. Resultados Obtenidos en la Comunidad San Miguel del Cantón Jipijapa

Tras la recolección de la información obtenida de las 3 unidades de muestreo de tipo parcelas permanentes, instaladas en la comunidad San Miguel del cantón Jipijapa (Figura 6), dimensionadas de 30 x 25 metros se obtuvo un área de 750 m², totalizando el área total de 2.250 m², se obtuvo que (Anexo 3, Tabla 11): se registraron 23 especies forestales, que presentaron 68 especímenes.

A partir de las variables dasométricas tomadas de la muestra se calcularon los Indicadores de Diversidad y Riqueza Biológica (Anexo 3, Tabla 10).

Figura 6.

Geolocalización de las Parcelas Permanentes de Muestreo instaladas en la comunidad San Miguel

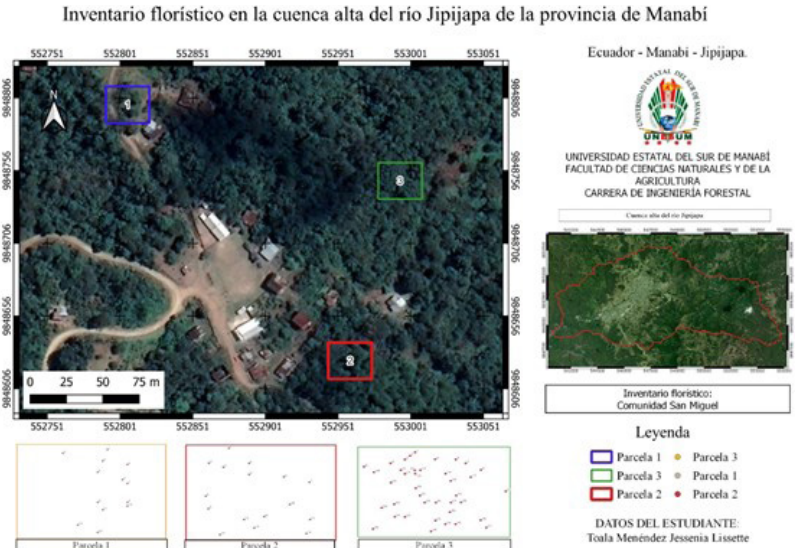
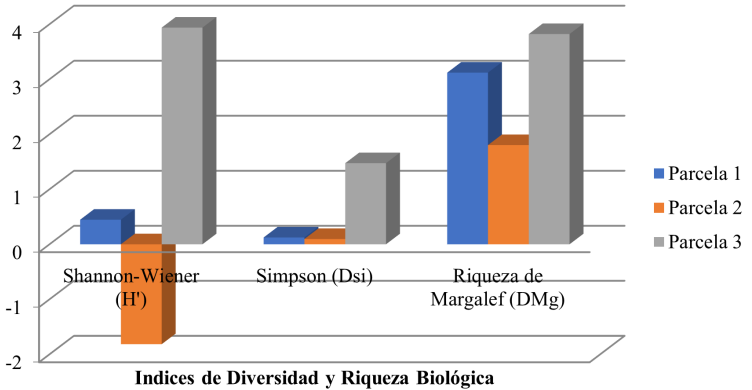


Figura 7.

Indicadores de Diversidad y Riqueza Biológica de las especies presentes en la comunidad San Miguel



Las PPM instaladas en los tres lotes de selección aleatoria, en la comunidad San Miguel del cantón Jipijapa dieron como resultado el cálculo de

indicadores (Anexo 4, Tabla 10) a partir de las variables dasométricas. A través de una gráfica comparativa (Figura 7) se puede denotar que el Índice de Shannon-Wiener de cada parcela es muy diferente entre sí, siendo la parcela 1 con 0,446, de baja diversidad, pues es menor al rango entre 0,5 a 5.

Seguido de la parcela 2 con -1,816, que al ser negativa indica muy baja presencia de biodiversidad o que no se trata de un ecosistema natural sino de selección de especies, lo que se traduce a que, la mano del hombre a través de actividades de uso de recursos forestales, alteró la presencia de especies.

Finamente, la parcela 3 con 3,938, está definida como ecosistema de alta biodiversidad, ya que encaja en el rango entre 0,5 a 5, siendo el mayor entre las tres parcelas de instalación aleatoria de la comunidad Choconchá.

El Índice de Simpson por su parte, demostró que la parcela 1 y 2, con 0,124 y 0,096, guardan similitud entre sí, y describen la baja probabilidad de hallar de forma intraespecífica, más de un individuo de la misma especie, lo que coincide con los hallazgos descritos en la totalización de resultados por comunidad, contrario a la parcela 3 con 1,474 (Anexo 3, Tabla 10).

El Índice de Margalef indica que las parcelas 1 y 3 con 3,119 y 3,821, respectivamente, se constituyen como ecosistemas individuales de alta diversidad, ya que los valores son mayores a 2. Mientras que la parcela 2, con 1,803, valor apenas menor a 2, se describe como un ecosistema individual de baja diversidad, lo que coincide con el Índice de Shannon – Wiener.

4.4. Caracterización de las Especies Obtenidas en el Área de Estudio

En el estudio de la cuenca alta del río Jipijapa, se instalaron 9 Parcelas Permanentes (PPM) en 3 comunidades del cantón, donde se hallaron un total de 40 especies forestales y 284 individuos (Tabla 1). Estas comunidades fueron: Palmital, comunidad donde se encontraron 12 especies y 117 individuos; en la comunidad Choconchá se registró 13 especies y 100 individuos; y en la comunidad San Miguel se hallaron 68 individuos entre 23 especies.

Para la caracterización de las especies, se consultó las categorías de amenaza de las especies vegetales inventariadas en las parcelas de muestreo, de acuerdo con la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2022), determinó lo siguiente (Tabla 1).

Tabla 1.

Inventario forestal de la cuenca alta del río Jipijapa localizado en las comunidades Palmital, Choconchá y San Miguel.

CUENCA ALTA DEL RÍO JIPIJAPA			Abundancia		Frecuen- cia		Dominancia			
3 COMUNIDADES	40 especies									
Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	IVI (%)	IUCN
1	Aguacate	<i>Persea Americana</i>	3	1,1	1	2,0	0,0014	0,14	3	LC
2	Achotillo	<i>Cupania Cinerea</i>	6	2,1	1	2,0	0,0129	1,29	5	LC
3	Bototillo	<i>Cochlospermun Viti- folium</i>	19	6,7	1	2,0	0,0013	0,13	9	LC
4	Balsa	<i>Ochroma Pyramidale</i>	1	0,4	1	2,0	0,0033	0,33	3	LC
5	Jigua	<i>Nectandra Spp</i>	8	2,8	1	2,0	0,1102	11,02	16	LC
6	Cabo de hacha	<i>Machaerium Millei</i>	3	1,1	1	2,0	0,0000	0,00	3	LC
7	Caucho	<i>Castilla elastica</i>	2	0,7	1	2,0	0,0017	0,17	3	LC
8	Cady	<i>Phytelephas Aequa- torialis</i>	19	6,7	2	4,0	0,0066	0,66	11	NT
9	Caña fistula	<i>Cassia Fistula</i>	4	1,4	1	2,0	0,0023	0,23	4	LC
10	Caña Brava	<i>Tripsacum laxum</i>	20	7,0	1	2,0	0,0252	2,52	12	NT
11	Caña Guadua	<i>Angustifolia</i>	3	1,1	1	2,0	0,0000	0,00	3	LC
12	Cabo de hacha	<i>Machaerium Millei</i>	2	0,7	2	4,0	0,0540	5,40	10	LC
13	Cedro	<i>Cedrela Odorata</i>	17	6,0	1	2,0	0,2531	25,31	33	VU
14	Ceibo	<i>Ceiba trischistandra</i>	1	0,4	1	2,0	0,0097	0,97	3	LC
15	Cojojo	<i>Acnitus Arborencens</i>	2	0,7	1	2,0	0,0001	0,01	3	LC
16	Dormilón	<i>Pythecellobium Arbo- reum</i>	9	3,2	1	2,0	0,0117	1,17	6	LC
17	Ébano	<i>Ziziphus Thyrsiflora</i>	3	1,1	1	2,0	0,0077	0,77	4	LC
18	Fernán Sánchez	<i>Triplaris Cumingiana</i>	8	2,8	1	2,0	0,0077	0,77	6	LC
19	Guaba	<i>Inga fendleriana</i>	22	7,7	2	4,0	0,1537	15,37	27	LC
20	Guaba de Machete	<i>inga Speculabilis</i>	1	0,4	1	2,0	0,0012	0,12	2	LC
21	Guanábano	<i>Annona Muricata</i>	2	0,7	1	2,0	0,0001	0,01	3	LC

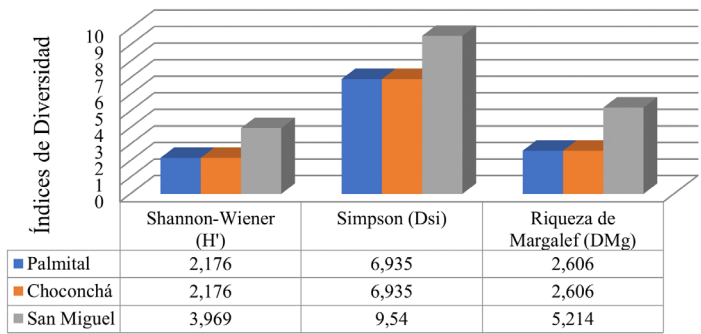
22	Guachapeli Blanco	<i>Albizia Guachapeli</i>	2	0,7	1	2,0	0,0349	3,49	6	LC
23	Guarango	<i>Macrolobium Acacii-folium</i>	1	0,4	1	2,0	0,0005	0,05	2	LC
24	Guarumo	<i>Cecropia Maxima</i>	1	0,4	1	2,0	0,0005	0,05	2	VU
25	Higuerón	<i>Ficus Insipida</i>	2	0,7	1	2,0	0,0268	2,68	5	LC
26	Hule	<i>Castilla elastica</i>	30	10,6	2	4,0	0,0736	7,36	22	LC
27	Jigua amarilla	<i>Nectandra acutifolia (Ruiz & Pav.)</i>	8	2,8	3	6,0	0,0075	0,75	10	LC
28	Laurel blanco	<i>Cordia alliodora</i>	13	4,6	3	6,0	0,0279	2,79	13	LC
29	Limón Criollo	<i>Citrus Limonun</i>	2	0,7	1	2,0	0,0001	0,01	3	LC
30	Mango	<i>Mangifera Indica</i>	7	2,5	2	4,0	0,0097	0,97	7	DD
31	Mijan Blanco	<i>Laucaena Trichodes (Jacq.)Benth.</i>	24	8,5	1	2,0	0,0863	8,63	19	LC
32	Mijan	<i>Laucaena Trichodes</i>	1	0,4	1	2,0	0,0000	0,00	2	LC
33	Madero Negro	<i>Tabebuia Impetiginosa</i>	4	1,4	1	2,0	0,0046	0,46	4	NT
34	Mata palo blanco	<i>Ficus Pertusa</i>	6	2,1	1	2,0	0,0126	1,26	5	LC
35	Mamey Colorado	<i>Pouteria Sapota</i>	4	1,4	1	2,0	0,0036	0,36	4	LC
36	Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	15	5,3	2	4,0	0,0299	2,99	12	DD
37	Pepito colorado	<i>Erythrina Velutina</i>	1	0,4	1	2,0	0,0000	0,00	2	LC
38	Samán	<i>Samanea Saman</i>	2	0,7	1	2,0	0,0000	0,00	3	LC
39	Vainilla	<i>Senna mollissima</i>	3	1,1	1	2,0	0,0019	0,19	3	LC
40	Zapote de perro	<i>Capparis Sridaca</i>	3	1,1	1	2,0	0,0158	1,58	5	DD
Total			284	100	50	100	1	100	300	

4.5. Índices de diversidad de la especies en el Área de Estudio

De acuerdo con el tema de esta investigación y el objeto de estudio planteado, se ha calculado los Índices de Diversidad y Riqueza Biológica de las especies de las 3 comunidades de forma total, de manera que estos describan la biodiversidad de la cuenca alta del río Jipijapa, a través de lo cual se realizó un análisis comparativo entre las comunidades (Figura 8).

Figura 8.

Indicadores de Diversidad y Riqueza Biológica de las especies presentes en las comunidades Palmital, Choconchá y San Miguel del cantón Jipijapa.



A partir de los datos recolectados de cada individuo se pudo determinar los índices de Diversidad y Riqueza Biológica en cada comunidad.

5. Discusión

La caracterización de las especies presentes en los hallazgos de esta investigación se describe desde el Índice de Valor de Importancia (IVI), indicador que permite la evaluación de las particularidades de los bosques y masa forestal, de acuerdo con (Huertas & Benavides, 2018), y partir de este se obtuvo el cálculo de los índices de diversidad e importancia ecológica.

Con respecto al Índice de Simpson, se demostró que la comunidad San Miguel con 9,5400 lo que describe que en esta comunidad se halla de forma intraespecífica, más de un individuo por especie. Las comunidades Palmital con 6,935 y Choconchá con 6,935, guardan tal similitud, que explican la alta posibilidad (aunque menor que en la comunidad San Miguel) de hallar varios individuos de la misma especie en un mismo lote.

Los Índices de Diversidad demostraron que, con respecto al Índice de Shannon-Wiener, la comunidad San Miguel con 3,969 tiene el nivel de diversidad más alto con respecto a las comunidades Palmital con 2,176 y San Choconchá con 2,176, aunque las 3 comunidades tienen alto nivel de diversidad, ya que se encuentran en el rango entre 0,5 a 5.

El Índice de Riqueza de Margalef indica la comunidad San Miguel con 5,214, considerada como un ecosistema individual, tiene alta diversidad, coincidiendo con el Índice de Shannon-Wiener. Las comunidades Palmital con

2,606 y Choconchá con 2,606 se constituyen como ecosistemas individuales de alta diversidad, ya que los valores son mayores a 2, aunque menor con respecto a la comunidad San Miguel.

El estudio de estos indicadores se compara con el estudio desarrollado por Pla (2006) donde se emplearon estos 4 índices para el estudio de la riqueza y diversidad en comunidades que constituyen el mismo estudio. Además, se compara con el estudio de Soler *et al.* (2012), que aplicó el estudio en un área de estudio constituida por una mezcla de elementos florísticos y un interesante mosaico de diferentes tipos de vegetación (bosques, sabanas y arbustales), asociado con el paisaje, las características del suelo y las relaciones hídricas.

6. Conclusiones

- A través de la investigación se pudo determinar que la diversidad florística de la cuenca alta del Río Jipijapa, en las comunidades Palmital, Choconchá y San Miguel, es alta de acuerdo a los índices de diversidad biológica: Índice de Shannon-Wiener y el Índice de Simpson. En la comparación realizada entre estas tres comunidades se pudo conocer que la localidad de mayor riqueza y diversidad biológica es la comunidad San Miguel, con respecto de las comunidades Palmital y Choconchá, destacando que la especie más abundante, es decir, con el mayor número de individuos presentes en la cuenca alta del río Jipijapa es el *Castilla elástica* (hule), sin embargo, la especie de mayor presencia ecológica, ya que se hallaron individuos en todas las comunidades son la *Nectandra acutifolia* (Ruiz & Pav.) (jigua amarilla) y el *Cordia alliodora* (Laurel blanco), contando 8 y 13 individuos en total, respectivamente.
- La caracterización de las especies presentes en el inventario forestal permitió conocer que las especies presentes en el área de estudio, son en su mayoría endémicas, debido a la poca incidencia de riesgo o vulnerabilidad de las mismas.
- Dado el Índice de Importancia Ecológica (IVI) se conoció que las especies mencionadas contribuyen a la sostenibilidad del ecosistema desde la cuantificación de la variabilidad, en el inventario forestal desarrollado se identificó que la especie *Inga fendleriana* (guaba) con IVI (%) de 27, es la especie de mayor Valor de Importancia Ecológica, considerando todas las variables de la muestra tomada.

7. Recomendaciones

- Se recomienda instaurar labores y medidas de prevención para frenar el deterioro continuo del ecosistema, debido a que en el desarrollo del inventario se pudo identificar la fragmentación ecológica del hábitat provocado por la alteración del ecosistema a causa de la presencia de poblaciones locales y actividades como la extracción de madera de forma presuntamente ilegal.
- Incentivar y aportar con el conocimiento de las especies a fuentes de estudio mundial que contribuyen a la difusión del conocimiento.
- Contribuir con la reestructuración de las especies a través de actividades de reforestación en las comunidades que constituyen la cuenca alta del río Jipijapa, específicamente las comunidades presentes en el estudio: Palmital, Choconchá y San Miguel, pues en estas se observaron procesos de alteración ecológica a causa de actividades humanas.

8. Referencias Bibliográficas

- Bravo, E. (2014). La riqueza biológica de la flora y fauna ecuatoriana. En E. Bravo, *La biodiversidad en el Ecuador* (págs. 49-78). Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana 2011.
- Campo, A., & Duval, V. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural del Parque Nacional Lihué Calel de Argentina. *Anuales de Geografía*, 25-42.
- Cano, Á. (2009). *Diversidad y composición florística de tres tipos de bosque en la Estación Biológica Caparú, Vaupés*. Vaupés: Revista Colombia Forestal.
- Climate-Data.org. (02 de Julio de 2022). *Climate-Data.org*. Obtenido de Climate-Data.org: <https://es.climate-data.org/search/?q=JIPIJAPA>
- Correa-Delgado, R. (22 de Mayo de 2015). Ex Presidente del Ecuador. (Presidencia de la República del Ecuador, Entrevistador)
- Cuñachi, G. (2018). *Manual práctico de inventarios forestales*. Perú: Veeduría Forestal Comunitaria CORPIAA - Atalaya.
- ENF [Evaluación Nacional Forestal] . (13 de Junio de 2020). *Inventario Nacional Forestal del Ecuador*. Recuperado el 22 de Marzo de 2022, de Ministerio de Ambiente: http://enf.ambiente.gob.ec/web_enf/?page_id=642
- FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación]. (2012). *El estado de los recursos genéticos forestales en el mundo: Informe Nacional Ecuador*. Ecuador: Proyecto FAO-Finlandia “Evaluación Forestal Nacional.
- FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura] . (01 de Junio de 2017). *Conjunto de Herramientas para la Gestión Forestal Sostenible (GFS)*. Recuperado el 20 de Marzo de 2022, de Inventario Forestal: <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules-alternative/forest-inventory/basic-knowledge/es/#:~:text=Un%20inventario%20forestal%20consiste%20en,de%20una%20gesti%C3%B3n%20forestal%20sostenible.>
- FAO. (2014). *Inventario Forestal Nacional: Manual de campo modelo*. Guatemala: Programa de Evaluación de los Recursos Forestales.
- Fernández, V. (25 de julio de 2017). *¿Cómo se realiza un muestreo de investigación?* Obtenido de Geolnnova: <https://geolnnova.org/>

blog-territorio/como-se-realiza-un-muestreo-de-vegetacion/#:~:text=%E2%80%93Cuadrantes,de%20planta%20y%20su%20densidad.

- Ferriol-Molina, M., & Merle-Farinós, H. (2012). *Los componentes alfa, beta y gamma de la biodiversidad. Aplicación al estudio de comunidades vegetales*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Ferro-Díaz, J. (2015). Manual revisado de métodos útiles para el muestreo y análisis de la vegetación. *Revista EcoVida*, 139-186.
- GAD Jipijapa. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Jipijapa*. Jipijapa, Manabí: Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Jipijapa.
- GAD Juncuy. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Juncuy Jipijapa*. Jipijapa, Manabí: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Juncuy.
- García, L., & Pisco La Rochelle, K. (2018). *Inventario Florístico de un fragmento de bosque en el río Jipijapa*. Jipijapa: JIPIJAPA-UNESUM. Obtenido de Repositorio de.
- Gómez, C., & Salazar, M. (2010). *Instalación de Parcelas Permanentes de Muestreo, PPM, en los bosques tropicales del Darién en Panamá (Comarca-Embera-Wounaan)*. Panamá: Autoridad Nacional del Ambiente.
- Gomez-Caal, C. (2012). *Instalación de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM) en los bosques tropicales de Darién en Panamá*. Panamá: Comarca Embera-Wounaan.
- Gonzales, E. (2015). *Goma de Sapote como subproyecto de investigación de campo*. Motupe, Lambayeque, Perú: ResearchGate.
- Google Maps. (20 de Julio de 2022). *Mapa Político Jipijapa*. Recuperado el 20 de Julio de 2022, de Google Maps: <https://www.google.com/maps/@-1.349348,-80.5949308,11927m/data=!3m1!1e3>
- Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación - acción). *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 163-173.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación científica* (Sexta Edición ed.). México: McGraw-Hill Interamericana Editores.

- Huertas, K., & Benavides, Y. (2018). *QIVI: Complemento para QGIS que calcula el índice de Valor de Importancia en estudios ecológicos del análisis estructura de vegetación*. Bogotá D.C., Colombia: Facultad de Ingeniería Especialización en Sistemas de Información Geográfica.
- Institute D'Horticultura I Jardineria de Reus. (11 de Junio de 2019). *Técnicas de inventario forestal por muestreo aleatorio sistemático*. Recuperado el 23 de Marzo de 2022, de Educational Resources by E-for-Own : https://eforown.ctfc.cat/pdf/FichaR2_Castella.pdf
- Instituto SINCHI. (3 de Febrero de 2020). *Herbario Amazónico Colombiano*. Recuperado el 1 de Junio de 2022, de COAH: <https://sinchi.org.co/coah/red-de-parcelas-permanentes>
- IUCN. (2022). *The IUCN Red List of Threatened Species* (Vols. Version 2022-1). <https://www.iucnredlist.org>. ISSN 2307-8235.: © International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
- Jaramillo, M. (2017). *Propuesta de manejo ambiental para la cuenca alta del río Jipijapa*. Jipijapa, Ecuador: Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.
- Lloyd, M., & Ghelardi, R. (1964). A table for calculating the “equitability” component of species diversity. *Journal of Animal Ecology* 33, 217-225.
- McIntosh, R. I. (1967). An index of diversity and the relation of certain concepts to diversity. *Ecology* 48, 392-404.
- McRoberts, R., Tomppo, E., & Czaplewski, R. (2021). Diseños de muestreo de las Evaluaciones Forestales Nacionales. *Antología de conocimiento para la evaluación de los recursos forestales nacionales*, 01-21.
- Mendoza, A., Jiménez, R., & La Rosa, R. (2004). *Productividad primaria de la vegetación herbácea de las lomas de Amancaes durante 2001-2003*. Trujillo, Perú: Memorias del X Congreso Nacional de Botánica.
- Ministerio de Turismo del Ecuador. (15 de Septiembre de 2014). *Ecuador megadiverso y único en el centro del mundo*. Recuperado el 20 de Marzo de 2022, de Ecuador megadiverso : <https://www.turismo.gob.ec/ecuador-megadiverso-y-unico-en-el-centro-del-mundo/>
- Morales, O. (2003). Fundamentos de la investigación documental y la monografía. En N. E. Rincón, *Manual para la elaboración y presentación de la monografía* (págs. 20-34). Mérida: Universidad de Los Andes.

- Noguera, E. (2017). *El endemismo: diferenciación del término, métodos y aplicaciones*. Xalapa, México: Acta Zoológica Mexicana .
- ONU [Organización de las Naciones Unidas]. (22 de Mayo de 2020). *Si la biodiversidad sufre, la humanidad también* . Recuperado el 23 de Mayo de 2022, de Día Internacional de la Diversidad Biológica: 22 de Mayo: <https://www.un.org/es/observances/biological-diversity-day#:~:text=Se%20entiende%20por%20biodiversidad%20la,%2C%20bosques%2C%20desiertos%2C%20campos%20agrarios>
- Pineda-Cotzajay, P. (2014). *Análisis del sistema de parcelas permanentes de medición en los bosques de Guatemala*. Guatemala: Consultoría en estadística forestal para el Consejo Nacional de Estándares de Manejo Forestal Sostenible para Guatemala CONESFORGUA.
- Pionce, G., Suatunce, J., Pionce, V., & Ortega, J. (2018). Inventariación de los productos forestales no maderables (PFNM) de un bosque semi-húmedo del Sur de Manabí, Ecuador. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 121 - 138.
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en Índice de Shannon y la Riqueza. *INTERCIENCIA*, 583-590.
- Rivero-Guerra, A. (2020). Diversidad y distribución de los endemismos de Asteraceae (Compositae) en la Flora del Ecuador. *Collectanea Botanica*, 39-50.
- Soler, P., Berroterán, J., Gil, J., & Acosta, R. (Diciembre de 2012). Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. *Agronomía Tropical*, 62.
- Tomppo, E., Kangas, A., & Maltamo, M. (2006). Forest inventory, methodology and applications. *The Finnish National Forest Inventory in Springer*, 179-194.
- Valdez, C., Guzmán, M., Valdés, A., Foroughbakhch, R., Alvarado, M., & Rocha, A. (2018). Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México. *Revista de Biología Tropical*, 2511-5550.
- Villaseñor, J. L., & Ortiz, E. (2014). Biodiversidad de las plantas con flores en México. *Revista Mexico Biodiverso vol.85*, ISSN 1870-3453.

9. Anexos

Anexo 1: Información Recopilada en el Inventario Desarrollado en la Comunidad Palmital de Jipijapa

Tabla 2.

Identificación del Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies halladas en cada parcela de la comunidad Palmital.

COMUNIDAD PALMITAL											
PARCELA 1		28 individuos		Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Densidad	
Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	IVI (%)
1	Cady	<i>Phytelephas Aequatorialis</i>	3	10,7	3	10,7	0,0187	1,87	0,0040	10,71	23,3
2	Caucho	<i>Castilla elastica</i>	2	7,1	2	7,1	0,0060	0,60	0,0027	7,14	14,9
3	Guaba	<i>Inga fendleriana</i>	14	50,0	14	50,0	0,5391	53,91	0,0187	50,00	153,9
4	Jigua	<i>Nectandra Spp</i>	8	28,6	8	28,6	0,3934	39,34	0,0107	28,57	96,5
5	Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	1	3,6	1	3,6	0,0428	4,28	0,0013	3,57	11,4
Total			28	100	28	100	1	100	0,0373	100	300

COMUNIDAD PALMITAL											
PARCELA 2		63 individuos		Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Densidad	
Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	IVI (%)
1	Balsa	<i>Ochroma Pyramidale</i>	1	1,6	1	1,6	0,0264	2,64	0,0013	1,59	5,8
2	Cady	<i>Phytelephas Aequatorialis</i>	8	12,7	8	12,7	0,3213	32,13	0,0107	12,70	57,5
3	Caña Brava	<i>Tripsacum laxum</i>	18	28,6	18	28,6	0,0968	9,68	0,0240	28,57	66,8
4	Caña fistula	<i>Cassia Fistula</i>	4	6,3	4	6,3	0,0184	1,84	0,0053	6,35	14,5
5	Guaba	<i>Inga fendleriana</i>	1	1,6	1	1,6	0,0098	0,98	0,0013	1,59	4,2
6	Hule	<i>Castilla elastica</i>	16	25,4	16	25,4	0,2701	27,01	0,0213	25,40	77,8
7	Laurel blanco	<i>Cordia alliodora</i>	4	6,3	4	6,3	0,1840	18,40	0,0053	6,35	31,1
8	Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	11	17,5	11	17,5	0,0732	7,32	0,0147	17,46	42,2
Total			63	100	63	100	1	100	0,0840	100	300

COMUNIDAD PALMITAL			Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Densidad		IVI (%)
PARCELA 3		26 individuos									
Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	
1	Cady	<i>Phytelephas Aequatorialis</i>	7	26,9	7	26,9	5,8845	36,29	0,0093	26,92	90,1
2	Cabo de hacha	<i>Machaerium Millei</i>	2	7,7	2	7,7	6,1926	38,19	0,0027	7,69	53,6
3	Caña Brava	<i>Tripsacum laxum</i>	2	7,7	2	7,7	1,5001	9,25	0,0027	7,69	24,6
4	Caña Guadua	<i>Angustifolia</i>	3	11,5	3	11,5	0,0004	0,00	0,0040	11,54	23,1
5	Hule	<i>Castilla elastica</i>	9	34,6	9	34,6	1,6368	10,09	0,0120	34,62	79,3
6	Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	3	11,5	3	11,5	1,0000	6,17	0,0040	11,54	29,2
Total			26	100	26	100	16	100	0,0347	100	300

Fuente: inventario en la comunidad Palmital realizada el día 20 de julio de 2022.

Tabla 3.

Indicadores de Diversidad y Riqueza Biológica de las especies presentes en las PPM instaladas en la comunidad Palmital.

Índice	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Shannon-Wiener (H')	1,251	1,754	1,613
Simpson (D_{si})	2,861	4,967	4,333
Riqueza de Margalef (D_{Me})	1,200	1,690	1,535

Tabla 4.

Identificación del Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies halladas en la comunidad Palmital.

COMUNIDAD PALMITAL			Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Densidad		
3 PPM	117 individuos										
Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	IVI (%)
1	Guaba	<i>Inga fendleriana</i>	15	12,8	2	10,5	0,3368	33,68	0,0067	12,82	57,0
2	Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	15	12,8	3	15,8	0,0662	6,62	0,0067	12,82	35,2
3	Jigua	<i>Nectandra Spp</i>	8	6,8	1	5,3	0,2438	24,38	0,0036	6,84	36,5
4	Caucho	<i>Castilla elástica</i>	2	1,7	1	5,3	0,0037	0,37	0,0009	1,71	7,3
5	Cady	<i>Phytelephas Aequatorialis</i>	18	15,4	3	15,8	0,0037	0,37	0,0080	15,38	31,5
6	Hule	<i>Castilla elástica</i>	25	21,4	2	10,5	0,1067	10,67	0,0111	21,37	42,6
7	Balsa	<i>Ochroma Pyramidale</i>	1	0,9	1	5,3	0,0073	0,73	0,0004	0,85	7
8	Laurel blanco	<i>Cordia alliodora</i>	4	3,4	1	5,3	0,0512	5,12	0,0018	3,42	13,8
9	Caña fistula	<i>Cassia Fistula</i>	4	3,4	1	5,3	0,0051	0,51	0,0018	3,42	9
10	Caña Brava	<i>Tripsacum laxum</i>	20	17,1	2	10,5	0,0559	5,59	0,0089	17,09	33,2
11	Caña Guadua	<i>Angustifolia</i>	3	2,6	1	5,3	0,0000	0	0,0013	2,56	7,8
12	Cabo de hacha	<i>Machaerium Millei</i>	2	1,7	1	5,3	0,1195	11,95	0,0009	1,71	18,9
Total			117	100	19	100	1	100	0,0520	100	300

Anexo 2: Información Recopilada en el Inventario Desarrollado en la Comunidad Choconchá de Jipijapa

Tabla 5.

Identificación del Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies halladas en cada parcela de la comunidad Choconchá.

COMUNIDAD CHOCONCHÁ			Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Densidad		
PARCELA 1		43 individuos									
Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	IVI (%)
1	Bototillo	<i>Cochlospermum Vitifolium</i>	10	23,3	10	23,3	0,0008	0,12	0,0133	23,26	46,6
2	Cabo de hacha	<i>Machaerium Millei</i>	2	4,7	2	4,7	0,0000	0,00	0,0027	4,65	9
3	Cedro	<i>Cedrela Odorata</i>	13	30,2	13	30,2	0,6763	99,87	0,0173	30,23	160,3
4	Jigua amarilla	<i>Nectandra acutifolia</i> (Ruiz & Pav.)	2	4,7	2	4,7	0,0000	0,00	0,0027	4,65	9,3
5	Mango	<i>Mangifera Indica</i>	3	7,0	3	7,0	0,0000	0,00	0,0040	6,98	14,0
6	Mijan Blanco	<i>Laucaena Trichodes</i> (Jacq.)Benth.	12	27,9	12	27,9	0,0000	0,00	0,0160	27,91	55,8
7	Mijan	<i>Laucaena Trichodes</i>	1	2,3	1	2,3	0,0000	0,00	0,0013	2,33	4,7
Total			43	100	43	100	1	100	0,0573	100	300

COMUNIDAD CHOCONCHÁ			Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Densidad		
PARCELA 2		34 individuos									
Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	IVI (%)
1	Bototillo	<i>Cochlospermum Vitifolium</i>	7	20,6	7	20,6	0,0037	0,37	0,0093	20,59	41,5
2	Cabo de hacha	<i>Machaerium Millei</i>	1	2,9	1	2,9	0,0000	0,00	0,0013	2,94	6
3	Dormilón	<i>Pythecellobium Arboreum</i>	1	2,9	1	2,9	0,0004	0,04	0,0013	2,94	5,9
4	Ébano	<i>Ziziphus Thyrsiflora</i>	3	8,8	3	8,8	0,0683	6,83	0,0040	8,82	24,5
5	Guarango	<i>Macrolobium Acaciifolium</i>	1	2,9	1	2,9	0,0047	0,47	0,0013	2,94	6,4
6	Jigua amarilla	<i>Nectandra acutifolia</i> (Ruiz & Pav.)	3	8,8	3	8,8	0,0000	0,00	0,0040	8,82	17,6

7	Mijan Blanco	<i>Laucaena Trichodes</i> (Jacq.)Benth.	12	35,3	12	35,3	0,7657	76,57	0,0160	35,29	147,2
8	Vainilla	<i>Senna mollissima</i>	3	8,8	3	8,8	0,0171	1,71	0,0040	8,82	19,4
9	Zapote de perro	<i>Capparis Sridaca</i>	3	8,8	3	8,8	0,1401	14,01	0,0040	8,82	31,7
Total			34	100	34	100	1	100	0,0453	100	300
COMUNIDAD CHOCONCHÁ			Abundan-		Frecuen-		Dominancia		Densidad		
PARCELA 3			cia		cia						
23 individuos											
Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	IVI (%)
1	Bototillo	<i>Cochlospermum Vitifolium</i>	2	8,7	2	8,7	0,0203	2,03	0,0027	8,70	19,4
2	Cedro	<i>Cedrela Odorata</i>	4	17,4	4	17,4	0,5241	52,41	0,0053	17,39	87,2
3	Dormilón	<i>Pytheccellobium Arboreum</i>	8	34,8	8	34,8	0,3841	38,41	0,0107	34,78	108,0
4	Laurel blanco	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	6	26,1	6	26,1	0,0715	7,15	0,0080	26,09	59,3
5	Mango	<i>Mangifera Indica</i>	3	13,0	3	13,0	0,0000	0,00	0,0040	13,04	26
Total			23	100	23	100	1	100	0,0307	100	300

Fuente: inventario en la comunidad Choconchá realizada el día 23 de julio de 2022.

Tabla 6.

Indicadores de Diversidad y Riqueza Biológica de las especies presentes en las PPM instaladas en la comunidad Choconchá

Índice	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Shannon-Wiener (H')	1,616	1,647	1,500
Simpson (D_{si})	4,290	4,983	4,101
Riqueza de Margalef (D_{Mg})	1,595	2,269	1,276

Tabla 7.

Identificación del Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies halladas en la comunidad Choconchá

COMUNIDAD CHOCONCHÁ			Abundan- cia		Frecuen- cia		Dominancia		Densidad		
3 PPM			100 individuos								
Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	IVI (%)
1	Bototillo	<i>Cochlospermum Vitifolium</i>	19	19,0	3	14,3	0,0035	0,35	0,0084	19,00	33,6
2	Cabo de hacha	<i>Machaerium Millei</i>	3	3,0	2	9,5	0,0000	0,00	0,0013	3,00	13
3	Cedro	<i>Cedrela Odorata</i>	17	17,0	2	9,5	0,6650	66,50	0,0076	17,00	93,0
4	Dormilón	<i>Pythecellobium Arboreum</i>	9	9,0	2	9,5	0,0308	3,08	0,0040	9,00	21,6
5	Ébano	<i>Ziziphus Thyrsiflora</i>	3	3,0	1	4,8	0,0202	2,02	0,0013	3,00	9,8
6	Guarango	<i>Macrolobium Acaci- ifolium</i>	1	1,0	1	4,8	0,0014	0,14	0,0004	1,00	6
7	Jigua ama- rilla	<i>Nectandra acutifo- lia</i> (Ruiz & Pav.)	5	5,0	2	9,5	0,0000	0,00	0,0022	5,00	14,5
8	Laurel blanco	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz &Pav) Oken	6	6,0	1	4,8	0,0057	0,57	0,0027	6,00	11,3
9	Mango	<i>Mangifera Indica</i>	6	6,0	2	9,5	0,0000	0,00	0,0027	6,00	15,5
10	Mijan Blanco	<i>Laucaena Trichodes</i> (Jacq.)Benth.	24	24,0	2	9,5	0,2268	22,68	0,0107	24,00	56,2
11	Mijan	<i>Laucaena Trichodes</i>	1	1,0	1	4,8	0,0000	0,00	0,0004	1,00	5,8
12	Vainilla	<i>Senna mollissima</i>	3	3,0	1	4,8	0,0051	0,51	0,0013	3,00	8,3
13	Zapote de perro	<i>Capparis Sridaca</i>	3	3,0	1	4,8	0,0415	4,15	0,0013	3,00	11,9
Total			100	100	21	100	1	100	0,0444	100	300

Anexo 3: Información Recopilada en el Inventario Desarrollado en la Comunidad San Miguel de Jipijapa

Tabla 8.

Identificación del Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies halladas en cada parcela de la comunidad San Miguel

COMUNIDAD SAN MIGUEL			Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Densidad		IVI (%)
PARCELA 1	13 individuos										
Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	
1	Aguacate	<i>Persea Americana</i>	1	7,7	1	7,7	0,0549	5,49	0,0013	7,69	20,9
2	Achotillo	<i>Cupania Cinerea</i>	1	7,7	1	7,7	0,0169	1,69	0,0013	7,69	17,1
3	Cojojo	<i>Acnitus Arborencens</i>	2	15,4	2	15,4	0,1461	14,61	0,0027	15,38	45,4
4	Guarumo	<i>Cecropia Maxima</i>	1	7,7	1	7,7	0,0000	0,00	0,0013	7,69	15,4
5	Madero Negro	<i>Tabebuia Impetiginosa</i>	3	23,1	3	23,1	0,2034	20,34	0,0040	23,08	66,5
6	Mata palo blanco	<i>Ficus Pertusa</i>	1	7,7	1	7,7	0,0474	4,74	0,0013	7,69	20,1
7	Mamey Colorado	<i>Pouteria Sapota</i>	1	7,7	1	7,7	0,3028	30,28	0,0013	7,69	46
8	Laurel blanco	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	1	7,7	1	7,7	0,0631	6,31	0,0013	7,69	21,7
9	Limón Criollo	<i>Citrus Limonun</i>	2	15,4	2	15,4	0,1655	16,55	0,0027	15,38	47,3
Total			13	100	13	100	1	100	0,0173	100	300

COMUNIDAD SAN MIGUEL			Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Densidad		IVI (%)
PARCELA 2	16 individuos										
Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	
1	Aguacate	<i>Persea Americana</i>	2	12,5	2	12,5	0,1122	11,22	0,0027	12,50	36,2
2	Achotillo	<i>Cupania Cinerea</i>	3	18,8	3	18,8	0,1266	12,66	0,0040	18,75	50,2
3	Guaba	<i>Inga fendleriana</i>	7	43,8	7	43,8	0,1121	11,21	0,0093	43,75	98,7

4	Guaba de Machete	<i>inga Specabilis</i>	1	6,3	1	6,3	0,0953	9,53	0,0013	6,25	22,0
5	Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	1	6,3	1	6,3	0,2001	20,01	0,0013	6,25	32,5
6	Laurel blanco	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	2	12,5	2	12,5	0,3537	35,37	0,0027	12,50	60,4
Total			16	100	16	100	1	100	0,0213	100	300

COMUNIDAD SAN MIGUEL			Abundancia		Frecuencia		Dominancia		Densidad		IVI (%)
PARCELA 3		39 individuos									
Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	
1	Achotillo	Cupania Cinerea	2	2,9	2	5,1	0,0546	5,46	0,0027	5,13	15,7
2	Cady	Phytelephas Aequatorialis	1	1,5	1	2,6	0,0249	2,49	0,0013	2,56	7,6
3	Ceibo	Ceiba trischistandra	1	1,5	1	2,6	0,0488	4,88	0,0013	2,56	10,0
4	Fernán Sánchez	Triplaris Cumin-giana	8	11,8	8	20,5	0,0465	4,65	0,0107	20,51	45,7
5	Guanábano	Annona Muricata	2	2,9	2	5,1	0,0004	0,04	0,0027	5,13	10
6	Guachapeli Blanco	Albizia Guachapeli	2	2,9	2	5,1	0,1760	17,60	0,0027	5,13	27,9
7	Higuerón	Ficus Insipida	2	2,9	2	5,1	0,1354	13,54	0,0027	5,13	23,8
8	Hule	Castilla elastica	5	7,4	5	12,8	0,1282	12,82	0,0067	12,82	38,5
9	Jigua amarilla	Nectandra acutifolia (Ruiz & Pav.)	3	4,4	3	7,7	0,0380	3,80	0,0040	7,69	19,2
10	Mango	Mangnifera Indica	1	1,5	1	2,6	0,0488	4,88	0,0013	2,56	10,0
11	Madero Negro	Tabebuia Impetiginosa	1	1,5	1	2,6	0,0062	0,62	0,0013	2,56	5,8
12	Mata palo blanco	Ficus Pertusa	5	7,4	5	12,8	0,0634	6,34	0,0067	12,82	32,0
13	Mamey Colorado	Pouteria Sapota	3	4,4	3	7,7	0,0180	1,80	0,0040	7,69	17
14	Pepito colorado	Erythrina Velutina	1	1,5	1	2,6	0,0637	6,37	0,0013	2,56	11,5
15	Samán	Samanea Saman	2	2,9	2	5,1	0,1472	14,72	0,0027	5,13	25
Total			39	57	39	100	1	100	0,0520	100	300

Fuente: inventario en la comunidad San Miguel realizada el día 27 de julio de 2022.

Tabla 9.

Indicadores de Diversidad y Riqueza Biológica de las especies presentes en las PPM instaladas en la comunidad San Miguel

Índice	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
Shannon-Wiener (H')	0,446	-1,816	3,938
Simpson (Dsi)	0,124	0,096	1,474
Riqueza de Margalef (D_{Mg})	3,119	1,803	3,821

Tabla 10.

Identificación del Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies halladas en la comunidad San Miguel

COMUNIDAD SAN MIGUEL			Abundan-		Frecuen-		Dominancia		Densidad		IVI (%)
3 PPM		68 individuos	cia		cia						
Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	
1	Aguacate	<i>Persea Americana</i>	3	4,4	2	7,1	0,0068	0,68	0,0013	4,41	12,2
2	Achotillo	<i>Cupania Cinerea</i>	6	8,8	2	7,1	0,0611	6,11	0,0027	8,82	22,1
3	Cady	<i>Phytelephas Aequatorialis</i>	1	1,5	1	3,6	0,0234	2,34	0,0004	1,47	7,4
4	Ceibo	<i>Ceiba trischistandra</i>	1	1,5	1	3,6	0,0459	4,59	0,0004	1,47	9,6
5	Cojojo	<i>Acnitus Arbo-rencens</i>	2	2,9	1	3,6	0,0003	0,03	0,0009	2,94	6,5
6	Fernán Sánchez	<i>Triplaris Cumingiana</i>	8	11,8	1	3,6	0,0363	3,63	0,0036	11,76	19,0
7	Guaba	<i>Inga fendleriana</i>	7	10,3	1	3,6	0,0068	0,68	0,0031	10,29	14,5
8	Guaba de Machete	<i>inga Spectabilis</i>	1	1,5	1	3,6	0,0058	0,58	0,0004	1,47	5,6
9	Guanábano	<i>Annona Muricata</i>	2	2,9	1	3,6	0,0004	0,04	0,0009	2,94	7
10	Guachapeli Blanco	<i>Albizia Guachapeli</i>	2	2,9	1	3,6	0,1656	16,56	0,0009	2,94	23,1
11	Guarumo	<i>Cecropia Maxima</i>	1	1,5	1	3,6	0,0026	0,26	0,0004	1,47	5,3
12	Higuerón	<i>Ficus Insipida</i>	2	2,9	1	3,6	0,1274	12,74	0,0009	2,94	19,3

13	Hule	<i>Castilla elastica</i>	5	7,4	1	3,6	0,1206	12,06	0,0022	7,35	23,0
14	Jigua amarilla	<i>Nectandra acutifolia</i> (Ruiz & Pav.)	3	4,4	1	3,6	0,0357	3,57	0,0013	4,41	11,6
15	Mango	<i>Mangnifera Indica</i>	1	1,5	1	3,6	0,0459	4,59	0,0004	1,47	9,6
16	Madero Negro	<i>Tabebuia Impetiginosa</i>	4	5,9	2	7,1	0,0217	2,17	0,0018	5,88	15,2
17	Mata palo blanco	<i>Ficus Pertusa</i>	6	8,8	1	3,6	0,0597	5,97	0,0027	8,82	18,4
18	Mamey Colorado	<i>Pouteria Sapota</i>	4	5,9	2	7,1	0,0169	1,69	0,0018	5,88	15
19	Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	1	1,5	1	3,6	0,0002	0,02	0,0004	1,47	5,1
20	Laurel blanco	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav) Oken	3	4,4	2	7,1	0,0122	1,22	0,0013	4,41	12,8
21	Limón Criollo	<i>Citrus Limonun</i>	2	2,9	1	3,6	0,0063	0,63	0,0009	2,94	7,1
22	Pepito colorado	<i>Erythrina Velutina</i>	1	1,5	1	3,6	0,0599	5,99	0,0004	1,47	11,0
23	Samán	<i>Samanea Saman</i>	2	2,9	1	3,6	0,1385	13,85	0,0009	2,94	20
Total			68	100	28	100	1,0000	100	0,0302	100	300

Anexo 4: Evidencia Fotográfica de la Investigadora Desarrollando el Levantamiento de Información de las PPM



EVALUACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

para una gestión sostenible



Publicado en Ecuador
Diciembre 2025

Edición realizada desde el mes de octubre del 2025 hasta
diciembre del año 2025, en los talleres Editoriales de MAWIL
publicaciones impresas y digitales de la ciudad de Quito.

Quito – Ecuador

Tiraje 30, Ejemplares, A5, 4 colores; Offset MBO
Tipografía: Helvetica LT Std; Bebas Neue; Times New Roman.
Portada: Collage de figuras representadas y citadas en el libro.