



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

“ANÁLISIS DE FACTORES ANTRÓPICOS EN LOS CAMBIOS DE
COBERTURA DEL MATORRAL SECO MONTANO DEL VALLE
CHOTA, PERIODO 1990 – 2020”

TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO/A EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTOR:

BRYAN JOEL VILEMA RAMOS

DIRECTOR:

Ing. OSCAR ARMANDO ROSALES ENRÍQUEZ, MSc.

IBARRA, 2021

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

**CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Ibarra, 28 de octubre del 2021

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: “**ANÁLISIS DE FACTORES ANTRÓPICOS EN LOS CAMBIOS DE COBERTURA DEL MATORRAL SECO MONTANO DEL VALLE CHOTA, PERIODO 1990 – 2020**”, de autoría del señor BRYAN JOEL VILEMA RAMOS, estudiante de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que el autor ha procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

TRIBUNAL TUTOR

Ing. Oscar Rosales, MSc.

DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN

FIRMA



MSc. Oscar Rosales E.
DOCENTE FICAYA

.....

Ing. Melissa Layana, MSc.

MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN



.....

Ing. Mónica León, MSc.

MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TRITULACIÓN



.....

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte de manera digital para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA:	1803908563	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Vilema Ramos Bryan Joel	
DIRECCIÓN:	Santa Cruz – Galápagos	
EMAIL:	bjvilemar@utn.edu.ec	
TELEFONO FIJO Y MOVIL:	052524235	0969349415

DATOS DE LA OBRA		
TÍTULO:	“ANÁLISIS DE FACTORES ANTRÓPICOS EN LOS CAMBIOS DE COBERTURA DEL MATORRAL SECO MONTANO DEL VALLE CHOTA, PERIODO 1990 – 2020”	
AUTOR:	Vilema Ramos Bryan Joel	
FECHA:	28 de octubre de 2021	
SOLO PARA TRABAJO DE TITULACIÓN		
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PRESGRADO	<input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables	
DIRECTOR:	Ing. Oscar Rosales, MSc.	

2. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 28 días del mes de octubre de 2021

AUTOR:



Bryan Joel Vilema Ramos

AGRADECIMIENTO

A Dios por todos los obstáculos y dificultades puestos en mi camino que en su tiempo parecieron imposibles de superar, producto de esto fue la fortaleza y constancia para lograr lo que me propuse, ¡con dedicación todo es posible!

A la Universidad Técnica del Norte y carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, que por medio de su cuerpo docente manifestaron conocimientos y enseñanzas, creando experiencias únicas dentro y fuera de un aula, las cuales me han formado como persona y profesional.

A mi madre y hermana por estar apoyándome en los momentos más difíciles, ser pilares fundamentales de mi vida y la motivación que me impulsa a seguir adelante, superarme y demostrar de lo que soy capaz.

A todos mis familiares y amigos que me han ayudado directa o indirectamente en las diferentes etapas de mi vida.

A mi director de tesis Ing. Oscar Rosales MSc, por el apoyo, comprensión y orientación en cada duda y proceso que conllevó esta investigación. De igual manera a mis asesoras Ing. Melissa Layana MSc e Ing. Mónica León MSc, por sus consejos, observaciones y recomendaciones que permitieron complementar la información del presente estudio, obteniendo un excelente trabajo.

A mis compañeros de aula, por permitirme compartir grandes y divertidos momentos a largo de mi estadía en la ciudad de Ibarra, siempre atesoraré su amistad y los buenos recuerdos.

Bryan Joel Vilema Ramos

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre Miriam Ramos, por su amor incondicional, crianza, consejos que me sirvieron para nunca desistir ante las adversidades y por el gran esfuerzo que realizó día a día para que logre cumplir esa tan anhelada primera meta, porque para una madre no hay límites, ¡hoy velas por mí, mañana lo hare por ti!

A mi tía Teresa de Jesús Ramos, que en paz descansa, quien fue una segunda madre para mí, y que a lo largo del tiempo me brindo cariño, me enseñó a valorar la vida, aprender de los errores para ser mejor persona. Hoy no estás conmigo, pero en mi corazón siempre vivirás y espero que desde arriba estés orgullosa de tu sobrino.

A mi hermana Nicole V., por las alegrías que me da cada día y porque indirectamente me hizo esforzarme y no darme por vencido, para poder reflejar en ella un ejemplo a seguir. Esta es la prueba de que con sacrificio y perseverancia los sueños se hacen realidad.

A mi primo Christian M., que lo considero un hermano, con el que siempre he contado ante cualquier situación, he compartido maravillosos momentos y he sentido un apoyo sincero, ¡siempre seremos esos niños jugando con barquitos de papel en el canal!

A Andrea F., por ser una persona maravillosa y de gran corazón, por su amor, apoyo y aventuras vividas.

A mi mejor amigo Luis J., por estar siempre en las buenas y malas, por escucharme, comprenderme, aconsejarme y ayudarme en los puntos más cruciales y duros de mi vida, ¡amigos como tu hay realmente muy pocos!

Por último, a todas las personas con las que he formado una amistad y me consideran de igual manera, tanto en Santa Cruz-Galápagos como en Ibarra, que estuvieron en mi infancia, etapa universitaria y que se mantienen hasta hoy en día, con los que he compartido grandes experiencias, creando recuerdos que siempre estarán presente en mí, ¡la vida es mejor con amigos!

Bryan Joel Vilema Ramos

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Revisión de antecedentes	1
1.2 Problema de investigación y justificación.....	2
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Preguntas directrices de la investigación	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Marco teórico referencial	5
2.1.1 Ecosistemas	5
2.1.2 Cobertura vegetal.....	6
2.1.3 Bosque seco	7
2.1.4 Matorral seco montano	8
2.1.5 Valle del Chota.....	9
2.1.6 Teledetección.....	10
2.1.7 Imágenes satelitales	11
2.1.8 Técnicas de detección aplicadas al cambio de la cobertura vegetal	12
2.1.8.1 Composiciones multitemporales.....	12
2.1.8.2 Diferencia entre imágenes	12
2.1.8.3 Análisis de componentes principales	13
2.1.9 Clasificación de imágenes	13
2.1.9.1 Clasificación no supervisada y supervisada.....	13
2.1.10 Estrategias de conservación.....	14
2.1.10.1 Conservación de bosques secos en Ecuador	15
2.2 Marco legal.....	16
2.2.1 Constitución del Ecuador 2008	16
2.2.2 Tratados y convenios internacionales.....	16
2.2.3 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía Descentralización.....	17

2.2.4	Reglamento al Código Orgánico Ambiental	17
2.2.5	Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida 2017-2021	18
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA		19
3.1	Descripción del área de estudio.....	19
3.2	Métodos.....	24
3.2.1	Cuantificar los cambios de la cobertura del matorral seco montano en el valle del río Chota en un periodo de 30 años	24
3.2.1.1	Búsqueda y descarga de imágenes de diferentes años en el servidor Earth Explorer del USGS	25
3.2.1.2	Tratamiento digital de las imágenes satelitales.....	26
3.2.1.3	Mosaico de imágenes y corte con el área de estudio	26
3.2.1.4	Clasificación supervisada e identificación de coberturas	27
3.2.1.5	Validación de la clasificación mediante la matriz de contingencia.....	27
3.2.1.6	Validación con el índice Kappa	28
3.2.1.7	Análisis del cambio en la cobertura.....	29
3.2.2	Establecer los factores antrópicos que influyen en el incremento o disminución de la cobertura del matorral seco montano.....	30
3.2.2.1	Elaboración cartográfica de distintas temáticas.....	30
3.2.2.2	Evaluación del estado de conservación del matorral seco montano	30
3.2.3	Estrategias enfocadas en la conservación del matorral seco montano en el valle del río Chota.	33
3.3	Materiales y equipos	35
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		36
4.1	Tasa de variación de la cobertura del matorral seco montano en el valle del río Chota en el periodo 1990 – 2020.....	36
4.1.1	Matriz de contingencia e índice Kappa	39
4.1.2	Análisis de la dinámica y procesos de cambio de la cobertura del matorral seco montano.....	41
4.2	Incidencia de los factores antrópicos en los cambios de la cobertura del matorral seco montano	44
4.2.1	Evaluación del estado de conservación del matorral seco montano.....	44

4.2.2	Zonificación del estado actual de conservación del matorral seco montano.....	48
4.3	Estrategias enfocadas en la conservación y restauración del matorral seco montano.....	51
4.3.1	Análisis valorativo de los objetos de conservación.....	51
4.3.2	Buenas prácticas agroecológicas.....	55
4.3.3	Gestión ambiental integral.....	57
4.3.4	Educación ambiental.....	59
	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
5.1	Conclusiones.....	61
5.2	Recomendaciones.....	62
	REFERENCIAS.....	63
	ANEXOS I: REGISTRO FOTOGRÁFICO.....	75
	ANEXOS II: MAPAS TEMÁTICOS.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Coordenadas del valle del río Chota, proyección UTM, Datum WGS 84, zona 17S.....	20
Tabla 2.	Imágenes de sensores remotos empleados.....	25
Tabla 3.	Tratamiento digital de imágenes.....	26
Tabla 4.	Tipos de exactitud para la validación de imágenes.....	28
Tabla 5.	Categoría de concordancias de validación para el índice Kappa.....	29
Tabla 6.	Matriz de valoración.....	31
Tabla 7.	Categoría de valoración.....	33
Tabla 8.	Atributos ecológicos clave para la conservación.....	34
Tabla 9.	Valores de los indicadores de viabilidad.....	34
Tabla 10.	Principios para la restauración de hábitat.....	35
Tabla 11.	Materiales y equipos.....	35
Tabla 12.	Área estimada de las diferentes coberturas y uso de suelo del valle del río Chota (1990 - 2020).....	36

Tabla 13. Variación de cambios entre periodos y tasa anual de pérdida neta.....	37
Tabla 14. Matriz de contingencia de la clasificación supervisada de la imagen satelital Landsat 8, 2020.....	40
Tabla 15. Matriz de transición de cambio de coberturas vegetales en el periodo de 1990 – 2020 (% de ha)	42
Tabla 16. Variación de cambio de coberturas vegetales en el periodo 1990 – 2020 (en %).....	43
Tabla 17. Valoración del estado actual del matorral seco montano.....	45
Tabla 18. Estimación del estado actual de conservación del matorral seco montano	48
Tabla 19. Determinación de los objetos de conservación	51
Tabla 20. Calificación de los atributos claves de los objetos de conservación.....	52
Tabla 21. Viabilidad de objetos de conservación.....	53
Tabla 22. Clasificación de los objetos de conservación y sus amenazas	54
Tabla 23. Buenas prácticas agroecológicas.....	56
Tabla 24. Gestión ambiental integral	58
Tabla 25. Educación ambiental	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio	19
Figura 2. Mapa de tipos de bioclimas en el valle del río Chota.....	21
Figura 3. Mapa de tipos de suelos en el valle del río Chota	22
Figura 4. Mapa ecológico del valle del río Chota.....	23
Figura 5. Mapa de uso de suelo del valle del río Chota	24
Figura 6. Corte de las imágenes unidas y corregidas con el área de estudio en RGB: 542.....	26
Figura 7. Mapas de coberturas vegetales del valle del río Chota.....	38
Figura 8. Transición de cambios del Matorral seco montano	43
Figura 9. Representación de las variables analizadas y estado de conservación evaluado	47
Figura 10. Mapa del estado actual de conservación del matorral seco montano ..	49

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

ANÁLISIS DE FACTORES ANTRÓPICOS EN LOS CAMBIOS DE
COBERTURA DEL MATORRAL SECO MONTANO DEL VALLE CHOTA,
PERIODO 1990 - 2020

Bryan Joel Vilema Ramos

RESUMEN

El matorral seco montano es un ecosistema característico de los valles situados en los Andes del Norte entre 1.800 y 2.600 m s. n. m., se encuentran muy amenazados por la fuerte intervención antrópica, estimándose a nivel mundial el 97% de su cobertura en peligro de destrucción. Por tanto, son considerados prioridad en conservación y surgen diversos estudios que aportan en este aspecto, como el presente trabajo de investigación que tuvo por objetivo analizar los efectos de los factores antrópicos en los cambios de cobertura del matorral seco montano del valle del río Chota en un periodo de 30 años. Se aplicó el método de clasificación supervisada en las imágenes satelitales LANDSAT de los años 1990, 2007 y 2020 con el software ArcGIS 10.8, para determinar las tasas de variación de las coberturas. Los resultados denotan una disminución de la cobertura del ecosistema en 20%, que se traduce en una pérdida de 6.954,85 ha, a un promedio anual de 231,83 ha/año (-0,74%), por las actividades antrópicas, mismas que de acuerdo con la matriz de transición de cambios han sido las responsables del reemplazo del ecosistema en un 4,95% de 8,34% del área que ocupa en el valle, siendo la expansión de la frontera agrícola el principal promotor con un 3,96%. La presión y efecto de todas las actividades antrópicas han causado que el estado actual de conservación sea regular, en este sentido se propuso 3 estrategias de conservación, las cuales fueron buenas prácticas agroecológicas, gestión ambiental integral y educación ambiental.

Palabras clave: Matorral seco montano, clasificación supervisada, actividades antrópicas, restauración, conservación.

ABSTRACT

The dry montane scrub is a characteristic ecosystem of the valleys located in the Northern Andes between 1.800 and 2.600 m s. n. m., are highly threatened by strong anthropic intervention, with an estimated 97% of their coverage in danger of destruction worldwide. Therefore, they are considered a priority in conservation and various studies arise that contribute to this regard, such as the present research work that aimed to analyze the effects of anthropic factors on the changes in the cover of the dry montane scrub of the Chota river valley in a period of 30 years. The supervised classification method was applied in the LANDSAT satellite images of the years 1990, 2007 and 2020 with the ArcGIS 10.8 software, to determine the rates of variation of the coverage. The results show a decrease in vegetation cover of 20%, which translates into a loss of 6.954,85 ha, to an annual average of 231,83 ha/year (-0.74%), due to various anthropic activities, which according to the change transition matrix, have been responsible for the replacement of the ecosystem in 4,95% of 8,34% of the area it occupies in the valley, with the expansion of the agricultural frontier being the main promoter with 3,96%. The pressure and effect of all anthropic activities have caused the current state of conservation to be regular, in this sense, 3 conservation strategies were proposed, which were good agroecological practices, comprehensive environmental management and environmental education.

Key words: Dry montane scrub, supervised classification, anthropic activities, restoration, conservation.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Revisión de antecedentes

Los bosques secos comprenden alrededor del 42% del total de bosques tanto tropicales como subtropicales a nivel mundial (Troya et al., 2012), se estima que el 97% de los bosques secos están en peligro de destrucción, debido a que cuentan con suelos fértiles, ideales para ciertas actividades antrópicas agropecuarias (Miles et al., 2006). Por tal razón, en la actualidad son considerados como prioridad en conservación, dado que además de lo mencionado, presentan riqueza biológica y alto porcentaje de endemismo, pese a esto, son ecosistemas poco conocidos en el trópico y presentan mayor grado de alteración y destrucción en comparación con los bosques húmedos (Aguirre et al., 2006).

Según Pennington et al. (2000), la distribución de los bosques secos en América Latina va desde México hasta Bolivia, apreciándose en áreas más relevantes de América Central y el Caribe, en la costa caribeña y valles interandinos de Colombia y Venezuela, al suroccidental y noroccidental de las costas de Ecuador y Perú, respectivamente, y en valles interandinos de Ecuador, Perú y Bolivia.

En Ecuador los bosques secos se ubican en la región costa o litoral y valles secos interandinos de la región sierra. En la costa, estos bosques integran la región tumbesina, la cual tiene aproximadamente 135.000 km² comprendido entre Ecuador y Perú (Espinosa et al., 2012), solían cubrir el 35% de la costa, pero debido a que actualmente se encuentran en estado de degradación o incluso han desaparecido, dicho porcentaje se ha reducido (Madsen et al., 2001; Aguirre et al., 2006). Respecto a la sierra, comienzan desde el norte con la provincia de Imbabura y terminan al sur con Zamora Chinchipe y Loja (Valencia et al., 1999). En zona norte los valles son más altos, encontrándose a los bosques secos en un rango que va desde los 1.800 a 2.600 m s. n. m., destacándose el valle del Chota y Guayllabamba de las provincias de Imbabura y Pichincha, respectivamente, mientras que hacia el sur las montañas son más bajas y los bosques secos se ubican desde los 1.300 m s.

n. m. en adelante, como Girón-Paute entre las provincias Azuay y Loja (Ponce, 2017).

Moony et al. (1995) y Linares-Palomino (2004), resaltan que estos bosques son integrados por formaciones vegetales que se sitúan bajo algunas características como una precipitación anual inferior a 1.600 mm, temperatura que oscila entre los 18 y 24 °C, la época de sequía comprenda de 5 a 6 meses y la precipitación en este lapso de tiempo sea menor a 100 mm, por tanto, los procesos ecológicos son estacionales y durante la época de lluvia es cuando ocurre su productividad primaria neta. Lozano (2002), menciona en su estudio que entre las diferentes formaciones se destacan el matorral seco espinoso, bosque seco decíduo, bosque seco semidecíduo, bosque seco montano bajo, bosque seco interandino del sur, bosque seco interandino oriental y bosque seco interandino, para Aguirre (2012), en estas formaciones predominan las familias Fabaceae y Mimosaceae con especies como *Croton wagneri*, *Caesalpinia spinosa*, *Dodonaea viscosa*, *Schinus molle* y *Vachellia macracantha*.

La difusión sobre la importancia de los bosques secos en Ecuador comenzó a darse recién en el 2004 con el estudio sobre diversidad y uso particular de árboles y arbustos de los bosques secos en la zona suroccidental, el cual aporta información relevante como un inventario de las especies, las formaciones de las partes bajas, análisis de biodiversidad vegetal, discusión de las familias y géneros considerados como más importantes (Aguirre et al., 2006).

1.2 Problema de investigación y justificación

En Ecuador el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2013), publicó el sistema de clasificación de ecosistemas con información florística y ambiental más detallada, a partir de las experiencias y propuestas de clasificación de distintos autores, tal como el caso de Aguirre et al. (2006), quienes definieron a la formación vegetal matorral seco montano como parte del ecosistema bosque seco interandino, oficializando esta información y categorizándolo dentro de los valles interandinos.

El matorral seco montano ha sido una de las formaciones vegetales más amenazados e incluso Pérez y Rosero (2019), mencionan que se categoriza en peligro crítico, debido a las diversas actividades antrópicas que influyen de manera negativa en la reproducción natural de la flora por la creación, abandono, recuperación y extensión de las fronteras agrícolas, mineras y urbanas, ocasionando la pérdida desmesurada de la cobertura vegetal y convirtiendo a estos bosques en la base económica de muchos (Chingal y Saldaña, 2017).

La degradación de estos ecosistemas por la sobreexplotación de sus recursos, puede que llegue a servir a un propósito económico a corto plazo, pero a mediano y largo plazo se reflejarán los efectos directos y negativos en el bienestar social, como los servicios ambientales que le brindan al ser humano (Padilla et al., 2018). El ecosistema mientras no sea intervenido, representa una fuente de riqueza para la sociedad y de ahí la importancia de conservarlo en buenas condiciones, sin embargo, esto representa un gran desafío para las sociedades actuales (Andrade y Castro, 2012). Además, el papel que cumple la cubierta vegetal es de vital importancia ya que evita la erosión de los suelos, mantiene la fertilidad del suelo y aporta en la regulación del ciclo hidrológico, contribuyendo a la sostenibilidad de las poblaciones.

El presente trabajo de investigación al referirse a estudios de espacios naturales importantes aporta al eje 1: Derechos para todos durante toda una vida del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 de la Secretaría Nacional de Planificación del Ecuador (2017), cumpliendo con el objetivo 3 que busca garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones, a través de mecanismos que generan información para conservar los recursos naturales.

En Ecuador la información acerca de los matorrales secos montanos respecto a su existencia e importancia es escasa, por tal razón, el trabajo de investigación aportará con información vinculada a los cambios y pérdida del matorral seco montano en el valle del río Chota, con la finalidad de que sirva de línea base para el planteamiento de políticas que ayuden a mitigar los impactos en el ecosistema y también ser referente en el ordenamiento del territorio.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar los efectos de los factores antrópicos en los cambios de cobertura del matorral seco montano del valle del río Chota, periodo 1990 – 2020.

1.3.2 Objetivos específicos

- Cuantificar los cambios de la cobertura del matorral seco montano en el valle del río Chota en un periodo de 30 años.
- Establecer los factores antrópicos que influyen en el incremento o disminución de la cobertura del matorral seco montano.
- Proponer estrategias enfocadas en la conservación del matorral seco montano en el valle del río Chota.

1.4 Preguntas directrices de la investigación

¿Cómo ha cambiado la cobertura del matorral seco montano en el valle del río Chota en los últimos 30 años?

¿Cuáles son los factores antrópicos que están estrechamente vinculados en los cambios de cobertura del matorral seco montano en el valle del río Chota?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Marco teórico referencial

En esta sección se hace mención de los recursos bibliográficos obtenidos de diversas fuentes confiables como artículos científicos, documentos técnicos, libros, revistas e investigaciones relacionadas a los bosques secos, cambios de cobertura vegetal, técnicas de teledetección, entre otras variables vinculadas al estudio, cuya finalidad aportó en el sustento e interpretación de los resultados obtenidos.

2.1.1 Ecosistemas

Ecuador se encuentra ubicado en la zona tropical y atravesado longitudinalmente por la Cordillera de los Andes, determinando a lo largo del territorio ecuatoriano una topografía muy diversa y marcada, además cuenta con la influencia de la corriente marina Humboldt en sus costas (De la Torre et al., 2008). El conjunto de estos factores es la razón de la diversidad de climas y tipos de vegetación en el país, y según Ulloa (2019), Ecuador alberga 18.500 especies de plantas vasculares, de las cuales 5.700 son endémicas, convirtiendo a Ecuador en el quinto país más diverso en América.

El sistema de clasificación de ecosistemas propuesta por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2013), toma en cuenta la combinación de factores ecofisiológicos y fisonómicos, además se encuentran acordes al sistema de clasificación y nomenclatura presentados en América, encontrándose en Ecuador los ecosistemas manglar, bosque (siempreverde, inundables, neblina, semideciduo, deciduo o seco) matorral, espinar, sabana, páramo, gelidofitia, herbazal.

La importancia de los ecosistemas radica para el hombre en la provisión de bienes y servicios, con el fin de obtener productos para satisfacer sus necesidades, mientras que para los demás seres vivos implica un equilibrio en su desarrollo (Bravo, 2013; Eguiguren et al., 2015). Para Oesterheld (2008), la pérdida de estos ecosistemas constituye una de las alteraciones de mayor impacto ocasionado por las actividades antrópicas, siendo el principal el cambio de uso del suelo para fines agropecuarios,

provocando, disminución de biodiversidad, deforestación, fragmentación y degradación de los distintos ecosistemas en el Ecuador.

En el estudio de Sierra et al. (2002), se determinó aquellos ecosistemas considerados como prioridad para la conservación de la biodiversidad del Ecuador, empleando un modelo de criterios múltiples. El modelo clasificó los ecosistemas en base a cuatro condiciones, la primera es la representatividad en las áreas naturales protegidas, pérdida de hábitat, presión humana y el valor a nivel de especie. Los resultados determinaron que las áreas naturales protegidas abarcan aproximadamente el 14% del territorio nacional, evidenciando que los ambientes húmedos se encuentran bien representados, a diferencia de los ambientes secos que se hallan pobremente representados, siendo también los más amenazados. Por tanto, los proyectos de conservación y la propuesta de nuevas áreas protegidas en Ecuador deben centrarse en estos ecosistemas hasta lograr una buena representatividad.

Según Báez et al. (2010), los mapas son relevantes como herramientas en la gestión y monitoreo de la biodiversidad a escalas ecosistémicas, dado que un ecosistema es un conjunto de organismos que interactúan entre sí y con su biotopo, por lo tanto, la leyenda de ecosistemas es clave para caracterizar la biodiversidad y esencial para el mapeo de sus patrones de variación.

2.1.2 Cobertura vegetal

La cobertura vegetal comprende la capa de vegetación natural que viste la superficie terrestre, abarcando variedad de biomásas con distintas características ambientales y fisonómicas que engloba desde bajos pastizales hasta densos bosques, pero también integra aquellas coberturas intervenidas por el hombre como los cultivos (Rosero, 2017). En relación con otras variables juega un rol importante para llevar a cabo diferentes investigaciones científicas, como lo mencionan Seingier et al. (2009), en su estudio donde analizan los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo para predecir la erosión de los suelos, estimar pérdida de hábitat, reservas de recursos hídricos e incluso cambio climático. De igual manera González et al. (2016), indican que la relación que comparten la cobertura vegetal y el escurrimiento denota que los bosques utilizan mayor cantidad del recurso hídrico a

través de complejos procesos de evapotranspiración que los empleados en otras actividades en la tierra, como la agricultura o pastizales, mermando el agua para recargar los acuíferos y ríos, aunque en cantidades no significativas.

La alteración de la mayoría de los ecosistemas terrestres se debe a los cambios de la cobertura del área, degradación e intensificación de usos del recurso tierra, dado que la pérdida de cobertura vegetal natural presenta repercusión con la vulnerabilidad a desastres como la desertificación o inundaciones, entre otras (Seingier et al., 2009). Ordóñez (2011), en su estudio hace alusión de que varios investigadores afirman que, la cobertura vegetal es un potente indicador de la integridad de los ríos y muy utilizado en los análisis a multiescala mediante diversas técnicas de sistemas de información geográfica y sensores remotos.

2.1.3 Bosque seco

En el último siglo los bosques secos han sufrido una tasa de pérdida en su cobertura sin precedentes por las presiones demográficas, económicas y sociales, hasta categorizarlo como uno de los ecosistemas más amenazados, se estima que estos bosques abarcan alrededor de 1,1 millones de km² en el mundo, de las cuales más de la mitad se encuentran en América. Según Portillo y Sanchez (2010), en el continente de América y el Caribe los bosques ocupan una extensión territorial de 1.520.659 km², mientras que en el 2018 se ha estimado una ocupación de 519.597 km², determinando una pérdida del 66% de su cobertura, en su mayoría bosques secos remanentes (Portillo y Vaughn, 2018).

En América Latina los bosques secos son el segundo ecosistema más grande de bosques tropicales, sin embargo, la mayoría de estos se los aprecia en paisajes fragmentados presionados por la agricultura, infraestructuras urbanas, turismo y deficiencia de protección, los cuales explican la acelerada transformación de la cobertura de estos ecosistemas (Quijas et al., 2019). Armenterasa et al. (2017), indican en su estudio que la deforestación neta anual de los bosques secos en América Central y Sur en el periodo de 2000 a 2010 fue de 0,92 millones de hectáreas.

Diversos estudios han comprobado la biodiversidad y alto grado de endemismo presentes en estos ecosistemas, destacando el de Venegas (2005), enfocado en la herpetofauna del bosque seco ecuatorial, donde identificaron 6 especies de anfibios y 33 de reptiles, de las cuales 2 especies de anfibios y 13 de reptiles son endémicas de la zona; García et al. (2015), con el estudio de escarabajos fitófagos en Colombia, donde capturaron un equivalente al 3,7% de especies de todo el territorio; Linares y Fandiño (2009) y Romero y Pérez (2016), se orientan a las comunidades de especies leñosas y su importancia, demostrando que existe variabilidad en los rasgos morfológicos regenerativos, y el de Espinosa et al. (2018) y López et al. (2020), referente al análisis e importancia de los servicios ecosistémicos provenientes de estos bosques como la capacidad de regulación y de almacenamiento de carbono, calidad del agua y tasas de polinización, entre otras.

La detección remota a gran escala geográfica ha permitido obtener información de línea base respecto al estado de conservación de los ecosistemas, así como la extensión, distribución geográfica, grado de fragmentación y protección, a través de la generación de datos esenciales para entender los patrones locales o regionales en el estado de conservación de los bosques secos (Portillo y Vaughn, 2018). Proveer mediciones a escalas geográficas puede resultar importantes e influyente en la toma de decisiones, debido a que es relevante para determinar las áreas donde los bosques secos se están perdiendo a tasas alarmantes y así poder llevar a cabo acciones de conservación para detener la continua pérdida (Quijas et al., 2019).

2.1.4 Matorral seco montano

Son formaciones características de los valles situados en los Andes del Norte entre 1.800 y 2.600 m s. n. m., el estrato arbóreo se encuentra disperso y sus especies llegan a tener alturas máximas de 8 a 10 m y tallos sinuosos. De la Torre et al. (2008), mencionan que en estas formaciones la vegetación es más densa y verde en zonas atravesadas por ríos, además de suelos aptos para las actividades agrícolas y conforme la vegetación se encuentre más distante de los ríos, se torna verde exclusivamente en la época lluviosa con la aparición de plantas anuales, estas formaciones se pueden percibir en los valles del Chota, Guayllabamba, Patate y

Jubones al norte del país, y en el sur en los valles de Catamayo, Malacatos y Vilcabamba.

Baquero et al. (2004), indican que las características biofísicas que presentan estas formaciones son un déficit hídrico de entre 5 y 25 mm, pendiente de 13°, época seca alrededor de 9 meses, temperaturas anuales de 11 y 22 °C como mínima y máxima, respectivamente, precipitación anual de 654 mm y un potencial de evapotranspiración de 153 mm. De la Torre et al. (2008) y Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2013), manifiestan que en estas formaciones las especies que representan valor para las poblaciones son las *Aloe vera*, *Caesalpinia spinosa*, *Capparis petiolaris*, *Dodonaea viscosa*, *Schinus molle*, *Tabebuia chrysantha*, *Tecoma stans*, *Salix humboldtiana*, *Spondias purpurea* y *Vachellia macracantha*.

En los estudios de Bazantes y Flores (2017) y Pérez y Rosero (2019), se hace énfasis de que el cambio de uso del suelo derivado de las actividades antrópicas como la deforestación, la expansión de la frontera agrícola, entre otras; generan pérdida de biodiversidad y otros impactos sobre el matorral seco montano. Además, Pérez y Rosero (2019), también aseguran que este ecosistema en el valle del Chota durante el periodo de 1991 al 2017 tuvo una pérdida del hábitat del 55%, evidenciando fragmentación.

2.1.5 Valle del Chota

El valle del Chota presenta diferencias relevantes con respecto al resto de la zona norte de la sierra, destacándose las étnicas y ecológicas. Dentro de las étnicas, presenta un origen histórico con la colonización española, formas de trabajo y esclavitud, su población la compone en su mayoría afroecuatorianos y en menor grado mestizos e indígenas. En cuanto a las ecológicas presenta una depresión al interior de la sierra formada por la acción del río Chota, además de otros agentes geofísicos (Ponce, 2017).

Comprende formaciones vegetales secas ubicadas entre los 2.000 a 2.500 m s. n. m., con precipitaciones máximas de 600 mm anuales (Troya et al., 2012). En comparación con otros ecosistemas no presentan mayor riqueza de especies y son

frágiles, sin embargo, cuenta con la presencia de especies endémicas y de gran valor, adaptadas a condiciones adversas, entre estas encontramos especies pertenecientes a las familias Canidae, Sciuridae, Leporidae y cazadores como Quirópteros, Paseriformes y Squamatas (García et al., 2014).

Según Ponce (2017), el valle del Chota presenta cuatro tipos de cobertura vegetal, primero se encuentran los bosques intervenidos, los cuales están formados por árboles de hasta 5 m de alturas y 5 cm de diámetro, predominando especies de espino como *Vachellia macracantha*; los matorrales remanentes alcanzan alturas de hasta 4 m e incluyen arbustos ramificados con varios fustecillos, entre estas la *Baccharis latifolia*, *Schinus molle* y *Ricinus sp*; áreas erosionadas con poca presencia de vegetación arbustiva y herbácea de hasta 2 m de altura, donde destaca la familia Cactaceae con especies como *Opuntia soederstromiana* y *Opuntia tunicata*; agroecosistemas que abarcan áreas destinadas a actividades agrícolas como cultivos de ciclo corto de cereales, leguminosas, frutales de *Manguifera indica* y *Persea americana*.

Cabe mencionar que hasta el siglo XX el cultivo más relevante en el Valle era el algodón, que incluso el Ministerio de Agricultura y Ganadería participaba mediante el incentivo de la producción de dicho cultivo, con el fin de lograr aumentar el consumo interno, no obstante, no se obtuvo mucho éxito y su producción descendió al punto de casi desaparecer y fue reemplazada por cultivos de caña (Ponce, 2017).

2.1.6 Teledetección

También denominada percepción o sensores remotos, Pérez y Muñoz (2006), lo definen como una técnica que permite adquirir información de un objeto de la superficie terrestre, sin la necesidad de estar en contacto directo con el objeto. Cabello y Paruelo (2008), mencionan que integrar la teledetección con los principales problemas ambientales y sus diversas dimensiones implica un desafío al estudiar sistemas ecológicos a escalas espaciotemporales diferentes a las acostumbradas en experimentos controlados, sin embargo, hace mención que el 9% de los artículos científicos publicados en revistas ecológicas en el periodo de 2003 – 2008 emplean la percepción remota.

El conocimiento referente a los patrones espectrales de las diversas coberturas de la tierra, permite comprender e interpretar las imágenes procedentes de los sensores remotos y a partir de esto efectuar diferentes aplicaciones, tales como la cuantificación de áreas alteradas, el análisis y evaluación en tiempo real y post evento, y la prevención de ciertas condiciones, constituyendo una herramienta completa de información a disponibilidad global, útil para la producción cartográfica (Chuvieco, 1991; Bella et al., 2008).

2.1.7 Imágenes satelitales

Los inicios del uso de esta metodología comienzan con Gaspar Félix en 1859, tiempo donde obtuvo las primeras fotografías aéreas por medio de un globo cautivo, un año después se replicó esto en la ciudad de Boston por parte de James Wallace, originando el interés de una nueva perspectiva aérea para desarrollar conocimientos detallados de la zona urbana (Sánchez, 2012).

Con el avance tecnológico se logró obtener imágenes de satélites, definidas según Chuvieco (1998) y Rosero (2017), como representaciones visuales de los datos reflejados de la superficie terrestre que captura un sensor en un satélite artificial, dichos datos son transmitidos a una estación para su procesamiento y conversión en imágenes, lo que permite adquirir conocimientos de las características del planeta en distintas escalas espaciales. Las imágenes comprenden el formato denominado ráster que está integrado por una matriz regular de celdas (píxeles), a las que se le asigna un valor digital correspondiente a la reflectividad recopilada por el sensor y la cantidad de píxeles definirá la resolución de la imagen, es decir, el nivel de detalle de un determinado tamaño (Segura y Trincado, 2003; Valdez et al., 2006; Roa, 2007).

Una de las imágenes satelitales más empleadas en los estudios de cambio de cobertura de los ecosistemas son las proporcionadas por el satélite LANDSAT (Sekertekin, 2019; Abbas y Reza, 2020; Nguyen et al., 2020; Zhao et al., 2020), estas son caracterizadas por el conjunto de bandas que la componen, actualmente la misión Landsat 7 y 8 son las que se mantienen vigentes para la obtención de información diaria. Las imágenes Landsat 7 cuentan con el sensor remoto Enhanced

Thematic Mapper (ETM) formado por ocho bandas espectrales con resolución espacial de 30 metros, mientras que las imágenes Landsat 8 integran los sensores Operational. Land Imager (OLI) y Thermal Infrared Sensor (TIRS), el primero integra 9 bandas espectrales que van desde infrarrojos hasta espectro de radiación de bajas ondas con resolución espacial de entre 15 y 30 metros, mientras que el segundo comprende dos bandas espectrales encargadas de detectar infrarrojos térmicos. Estas imágenes se pueden obtener de forma gratuita en el United States Geological Survey (USGS).

2.1.8 Técnicas de detección aplicadas al cambio de la cobertura vegetal

Riaño (2002), manifiesta que las técnicas de detección de cambios se han vuelto una aplicación relevante de datos multispectrales y multitemporales de programas satelitales para el estudio de los recursos naturales, ya que se obtienen imágenes en tiempo real. La detección de los cambios permite identificar diferencias de las características por observaciones que se realizan en distintos periodos de tiempo.

2.1.8.1 Composiciones multitemporales

Permite comparar por observación las tonalidades grises o color de dos o más imágenes, respecto a las imágenes Landsat se les aplica una combinación de 3 bandas (RGB) para poder determinar el cambio de las diferentes coberturas, resultando uno de los métodos más sencillos (Ponce, 2017).

2.1.8.2 Diferencia entre imágenes

Consiste en la diferencia aritmética entre dos imágenes de distintas fechas, determinado las áreas que han sufrido algún cambio en el periodo de tiempo de las dos fechas, se le considera como zonas estables aquellas cuyo valor se encuentra cercano a cero, mientras que las áreas que hayan presentado cambios presentan valores absolutos distintos a cero, dando como resultado una nueva imagen de cambios (Bedón y Pinto, 2012).

2.1.8.3 Análisis de componentes principales

Sintetiza un conjunto de bandas en otro más disminuido, perdiendo solo una pequeña parte de la información central. Medina (2011), indica que al emplear esta técnica en la aplicación multitemporal, se debe tomar en cuenta que los primeros componentes resultantes sostienen información común de las fechas de estudio, por ende, se tiene que optar por los componentes inferiores cuya información refleja el cambio.

2.1.9 Clasificación de imágenes

Según Abou y Kelany (2020), uno de los principales desafíos en los estudios sobre cobertura del suelo y vegetación, es la calidad de las imágenes satelitales y su correcta clasificación. Sathya y Baby Deepa (2017), mencionan que la clasificación de imágenes satelitales ha llegado a ser la técnica con mayor utilidad para la extracción de información contenida en diferentes bandas (tres en adelante) e interpretación de patrones de información satelital, donde una cuestión importante es identificar la clase correcta asignada a cada píxel de la imagen la cual deberá ser comparada con información espectral de acuerdo con un algoritmo matemático (Minu y Bindhu, 2016).

Existen distintos grupos de técnicas de clasificación de imágenes multiespectrales que representan las características de la cobertura del uso de suelo, las cuales pueden ser la clasificación no supervisada y supervisada (Assad et al., 2018).

2.1.9.1 Clasificación no supervisada y supervisada

La clasificación no supervisada no requiere ningún conjunto de entrenamiento, además no supone la definición previa de una clase (Sathya y Baby Deepa, 2017), basándose únicamente en la agrupación de los datos por medio de alguna métrica euclidiana. Mientras que en la clasificación supervisada es imprescindible el aporte de analistas conocido como conjunto de entrenamiento de muestra que dirigen el software de procesamiento de imágenes (Minu y Bindhu, 2016), los cuales se usan como referencia para la categorización (Alam et al., 2019).

Existen distintos algoritmos para la implementación de esta clasificación, entre ellos la distancia mínima, por paralelepípedos y máxima verosimilitud, siendo este último ampliamente utilizado en teledetección (Toro et al., 2015), el cual evalúa cuantitativamente la varianza y la covarianza de los patrones de respuesta espectral, en donde a cada pixel se le asigna a la clase para la que tiene la mayor posibilidad de asociación, asignándole el pixel a la clase cuya probabilidad de pertenencia sea mayor (Alam et al., 2019). Con el fin de validar la clasificación, se suele usar frecuentemente la matriz de contingencia, donde se calcula el porcentaje de pixeles correctamente clasificados, a su vez los valores del índice Kappa y sus intervalos de confianza (Toro et al., 2015).

2.1.10 Estrategias de conservación

Las estrategias de conservación deben proporcionar la información básica sobre el estado de los recursos y las tendencias en su uso, además deben definir los problemas de una forma convincente para los sectores de la sociedad, quienes tienen el poder real sobre el uso de los recursos, esto con el fin de acordar los objetivos para guiar la acción de su desarrollo (McNeely, 1990). Mientras que Alvarado y Otero (2017), mencionan que para generar estrategias de conservación es necesario contar con información que evidencie y reconozca el efecto de las actividades humanas sobre un ecosistema, por lo cual para su efectiva acción es necesario considerar no solo los aspectos sociales, sino además incluir condiciones biológicas y económicas.

Según Rodríguez et al. (2015), la conservación de la biodiversidad es la mejor estrategia para mantener el flujo de los servicios ambientales (agua, carbono, ocio, entre otras), ya que un ecosistema conservado garantiza la calidad del servicio ambiental. Entre algunas estrategias de conservación se puede mencionar la restauración de la biodiversidad, que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad (Society for Ecological Restoration, 2004), siendo esta estrategia un esfuerzo para recuperar de manera asistida las dinámicas naturales tendientes a reestablecer algunas trayectorias posibles de los ecosistemas históricos (Vargas et al., 2007).

Esta estrategia no solo debe contar con metas ecológicas y biológicas, sino además incluir metas culturales con el fin de fortalecer e iniciar la relación del ser humano con los recursos naturales de una forma aprovechable y sostenible, garantizado así su conservación (López, 2011). Entre otras estrategias se menciona el turismo sostenible, gestión de apoyo para educación y concientización en búsqueda de incentivar la restauración de ecosistemas.

2.1.10.1 Conservación de bosques secos en Ecuador

Alvarado y Otero (2017), en su estudio de restauración del bosque seco tropical en el valle del Cauca mencionan que la regulación de las actividades humanas debe ser una prioridad para la conservación, acompañada de una legislación efectiva que regule los usos del suelo en paisajes fragmentados. Además, es importante conocer la sinergia entre los procesos ecológicos y sociales a través del aprovechamiento de los servicios ecosistémicos.

Cantos et al. (2015), proponen distintas estrategias para conservar el bosque seco tropical de la comuna El Pital en Manabí, las cuales incluyen la concentración de los esfuerzos locales para la conservación de las formaciones vegetales y paisajes de la zona, enfocar esfuerzos en zonas prioritarias que aún se encuentran conservadas, focalizar esfuerzos de educación ambiental a las localidades que se encuentren cerca del área de influencia del bosque nativo, elaborar líneas estratégicas en base al ordenamiento territorial y ecológico del área, entre otras.

Según Sánchez (2018), las imágenes satelitales son una herramienta importante en la toma de decisiones en conservación de la biodiversidad, ofreciendo así la posibilidad de dar seguimiento espacial y temporal de los fenómenos que pueden delimitarse en unidades ecológicas (fragmentación, forma, abundancia, especificidad, entre otras). Esta herramienta ha permitido mapear los componentes bióticos y abióticos de los ecosistemas tales como cobertura vegetal, uso del suelo, perturbaciones ecológicas, entre otras; estimando sus cambios a través del tiempo, pudiendo así diseñar estrategias efectivas para la conservación (Rocchini et al., 2013).

2.2 Marco legal

El presente estudio se basa en la normativa legal vigente del Ecuador que rige el aspecto ambiental, conformada por distintos documentos que se detallan de manera jerárquica según la pirámide de Kelsen y como lo estipula el Art. 425 de la Constitución del Ecuador del 2008.

2.2.1 Constitución del Ecuador 2008

Es la norma jurídica de mayor jerarquía, abarca 444 artículos distribuidos en 9 Títulos, entre las principales relacionadas con el proyecto de investigación se destacan:

Dentro del Título II Derechos, el Art. 14 señala el reconocimiento de que la población tiene el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, garantizando tanto la sostenibilidad como el buen vivir, *sumak kawsay*, declarándose de interés público la conservación de la biodiversidad, ecosistemas y la prevención de impactos al ambiente. El numeral 8 del Art. 57 indica que el Estado promoverá la conservación y uso sustentable de la biodiversidad, el proyecto guarda relación con lo mencionado, dado que busca la conservación de la diversidad biológica presente en el matorral seco montano del valle del río Chota. Así mismo, el Art. 71 y 72 atribuye los derechos que tiene la naturaleza, manifestando el respeto de su existencia, mantenimiento y regeneración de ciclos vitales.

Respecto a los impactos ambientales, los artículos 395, 396 y 397 manifiestan que el Estado garantizará la participación activa en la planificación, ejecución y control de proyectos o actividades que ocasionen afectaciones al ambiente, de igual manera adoptará medidas de prevención, sanciones y la obligación de restaurar los ecosistemas e indemnizar a los afectados.

2.2.2 Tratados y convenios internacionales

Convenio sobre Diversidad Biológica: Ratificado por Ecuador el 23 de febrero de 1993, presenta varios aspectos que están directa o indirectamente relacionados con la biodiversidad y su rol en el desarrollo, mediante la ciencia, política y educación, agricultura, negocios, cultura, entre otros; buscando garantizar la conservación de

la diversidad biológica y la participación justa y equitativa de los beneficios del uso sustentable de los recursos.

Convención Internacional de Lucha Contra la Desertificación: Ratificado por Ecuador el 6 de diciembre de 1995, relaciona el ambiente con el desarrollo a través del manejo sustentable del recurso suelo, enfocándose en las zonas áridas y secas, e indaga formas para mitigar los efectos contra la desertificación, sequía y degradación.

2.2.3 Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía Descentralización

Publicado en el Registro Oficial Suplemento 303 y actualizado el 16 de enero del 2015, comprende uno de los tantos instrumentos legales del país y está orientado al uso y conservación del recurso suelo.

El Art. 135 establece que los Gobiernos Autónomos Descentralizados estarán a cargo de preservar la diversidad biológica y protección del ambiente a través de planes o proyectos de manejo con enfoque sustentable de los recursos naturales, con el fin de restaurar ecosistemas y suelos que han sufrido degradación por la contaminación y desertificación.

En el Título IX Disposiciones de los Gobiernos Municipales, el Art. 471 menciona que de ninguna manera se podrá fraccionar los bosques y otras áreas ecológicamente sensibles para fines agrícolas como cultivos o explotación agropecuaria.

2.2.4 Reglamento al Código Orgánico Ambiental

Publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 507 el 12 de junio del 2019, se compone de 7 libros que abarcan temas de carácter ambiental relevantes a nivel nacional.

Dentro del Título VIII Régimen forestal, el Art. 292 dispone que la Autoridad Nacional de Agricultura permitirá el aprovechamiento de productos forestales no maderables en plantaciones, con la condición de que esta actividad no conlleve a un cambio de uso de suelo o transformación de áreas de bosque, mientras que el

Art. 294 denota que para la existencia de un manejo forestal sustentable se debe conservar la estructura y composición del bosque, al igual que su biodiversidad y funciones productivas de protección y socioeconómicas.

Del Título II Prevención de la Contaminación Ambiental, el Art. 420 hace énfasis en la regularización ambiental, entendido como el proceso cuyo propósito es la autorización ambiental para la ejecución de proyecto o actividades que provoquen impacto o riesgo ambiental.

2.2.5 Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida 2017-2021

Se compone por tres ejes, el primer eje se refiere a los derechos para todos durante toda una vida y su objetivo 3 se centra en la naturaleza, buscando asegurar los derechos de la naturaleza tanto para las generaciones actuales como las futuras; el segundo establece una economía al servicio de la sociedad planteándose como objetivo consolidar la sostenibilidad del sistema económica, social y solidario; el tercero hace referencia que al contar con mayor participación social se obtendrá una mejor gestión por parte del estado, cumpliendo los objetivos establecidos que tiene como fin el desarrollo sustentable.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

En esta sección se detalla los distintos métodos, técnicas y equipos empleados para cumplir con los objetivos y preguntas directrices planteados en la presente investigación.

3.1 Descripción del área de estudio

El área de estudio comprende el matorral seco montano perteneciente al valle del río Chota, ubicado en el callejón interandino al norte del Ecuador, entre las provincias de Imbabura y Carchi, como se muestra en la Figura 1 y geográficamente en la Tabla 1.

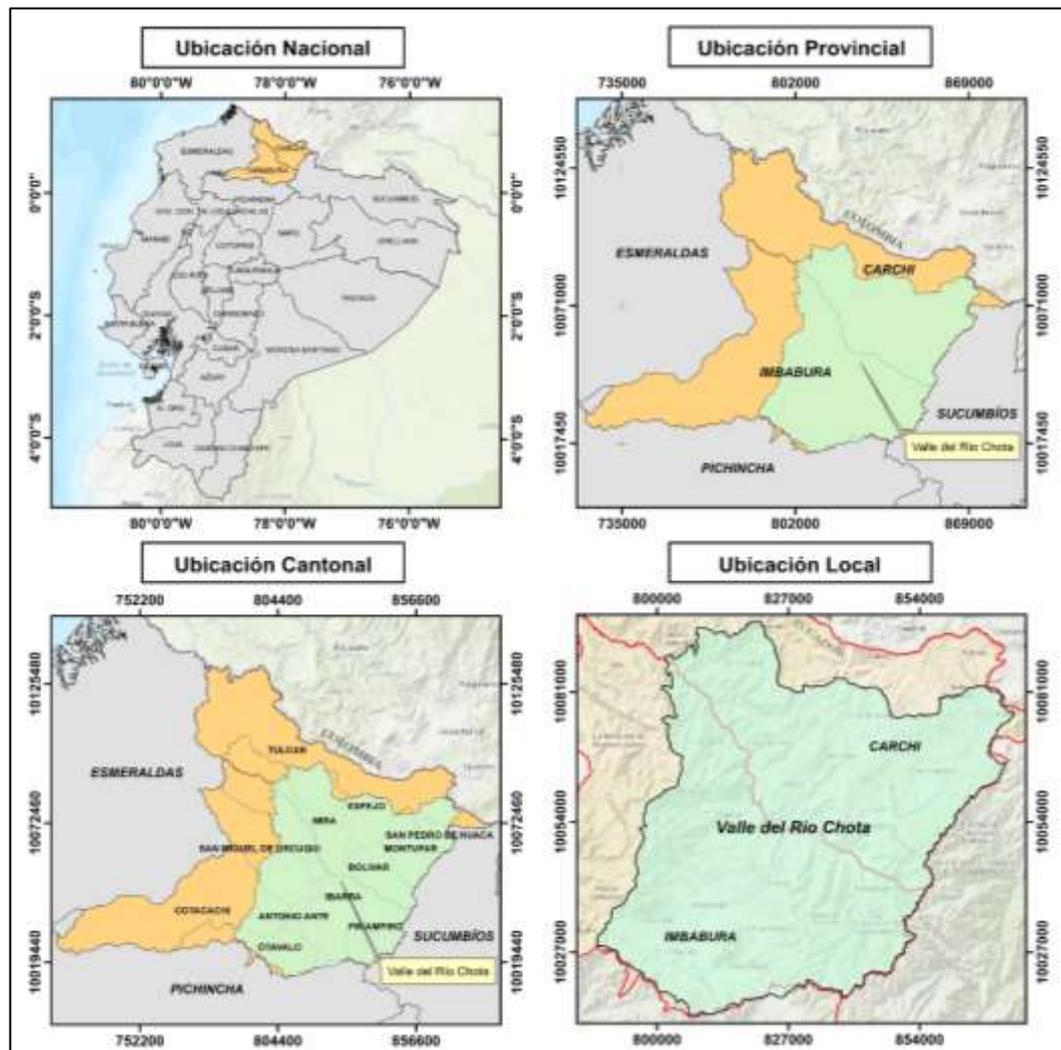


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio

Tabla 1. Coordenadas del valle del río Chota, proyección UTM, Datum WGS 84, zona 17S.

Punto	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)
	X	Y	
Norte	820840	10094859	2278
Sur	816673	10016674	3488
Este	856440	10042312	3779
Oeste	797702	10056124	3990

El valle del río Chota cubre una extensión territorial de 413.222,77 hectáreas, integrando ecosistemas como el bosque siempreverde montano bajo que ocupa 59.017,36 ha (14,28%), el páramo 3.351,51 ha (8,07%) y el matorral seco montano 27.525,96 ha (6,6%). Presenta dos épocas marcadas, una seca y la otra lluviosa, donde el promedio anual de la temperatura y precipitación es de 19,05 °C y 300 mm, respectivamente, definiendo tres bioclimas, los cuales son el ecuatorial de alta montaña, ecuatorial mesotérmico seco y ecuatorial mesotérmico semihúmedo, como se visualiza en la Figura 2 (Varela y Ron, 2020).

El relieve es muy variado e irregular, en la zona baja cuenta con pequeñas llanuras, donde el río Chota fluye a través de quebradas entre los 1.500 y 1.800 m s. n. m., mientras que en la zona alta cuenta con laderas de las vertientes y se encuentran pueblos aledaños hasta una altitud de 3.000 m s. n. m (Chingal y Saldaña, 2017). El valle está rodeado por una cadena montañosa que se confrontan con las elevadas temperaturas, el conjunto de estos factores permite la variedad de cultivos de climas secos y tropicales que no se podrían dar en otras partes de la sierra a excepción de ciertos valles calientes interandinos, estimándose que el 42,3% del área de estudio presenta potencial agrícola.

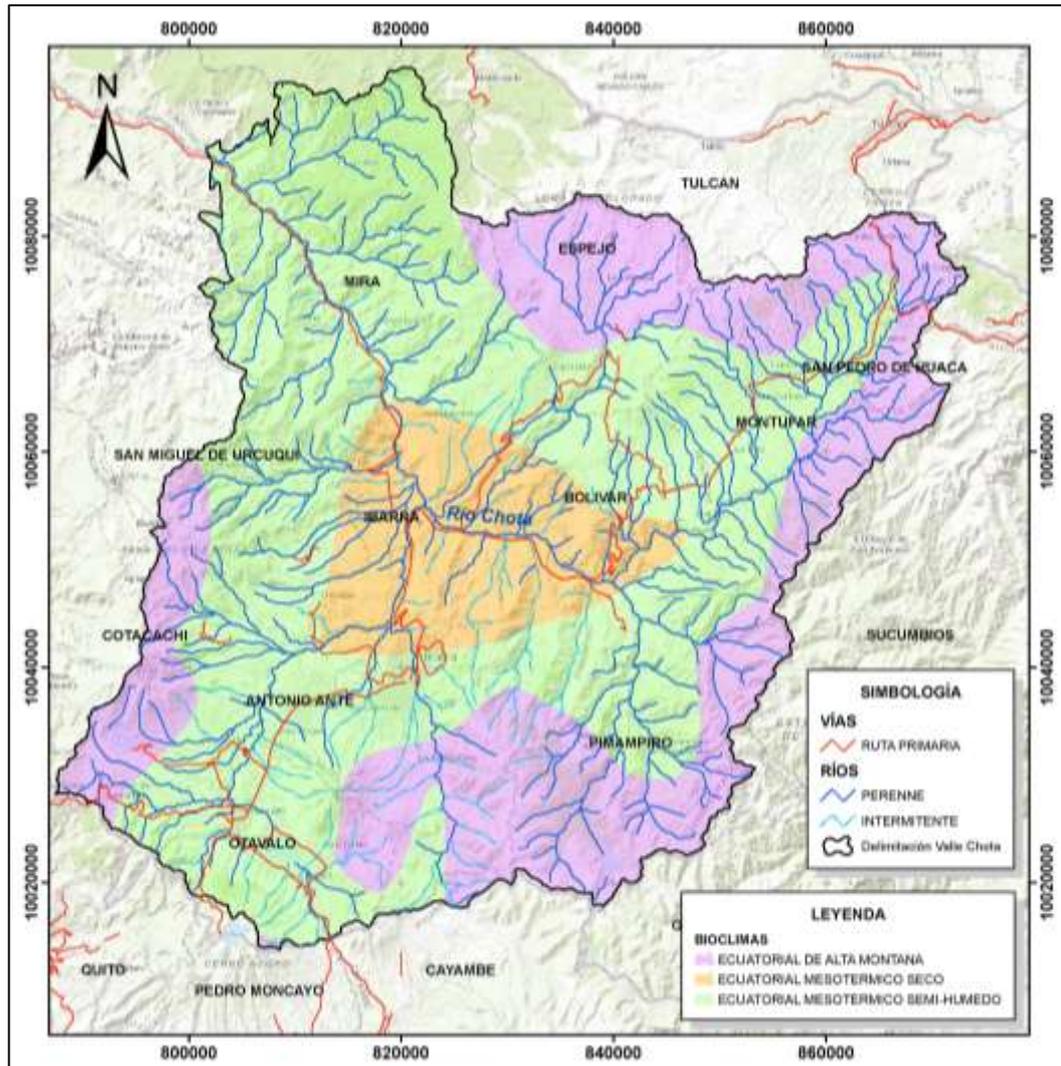


Figura 2. Mapa de tipos de bioclimas en el valle del río Chota

En base a la clasificación del suelo de la Organización para la Alimentación y la Agricultura, el valle del río Chota presenta cuatro tipos de suelos correspondientes a los órdenes Entisol, Histosol, Inceptisol y Mollisol, como se ilustra en la Figura 3. Según Jaramillo (2002), los Entisoles son suelos jóvenes, poco evolucionados y carecen de horizontes genéticos naturales, además presenta baja fertilidad comprometiendo su uso para el sector agropecuario, poca profundidad radical y es muy susceptible a la erosión de tipo eólica e hídrica; los Histosoles presentan un elevado contenido de materia orgánica a más de 40 cm de profundidad, una sorprendente capacidad para retener agua y una densidad aparentemente muy baja (Borja et al., 2008); los Inceptisoles son de origen volcánico, menos jóvenes que los entisoles y con desarrollo incipiente de horizontes, no acumulan materia orgánica, hierro o arcilla, pH es ácido y muestran malas condiciones de drenaje (Aucatoma,

2017); los Mollisoles a diferencias de los anteriores mencionados, presentan un buen desarrollo de sus horizontes y moderadamente profundos, buena fertilidad por la gran concentración de materia orgánica y nutrientes (Bertsch et al., 1993; Jaramillo, 2002).

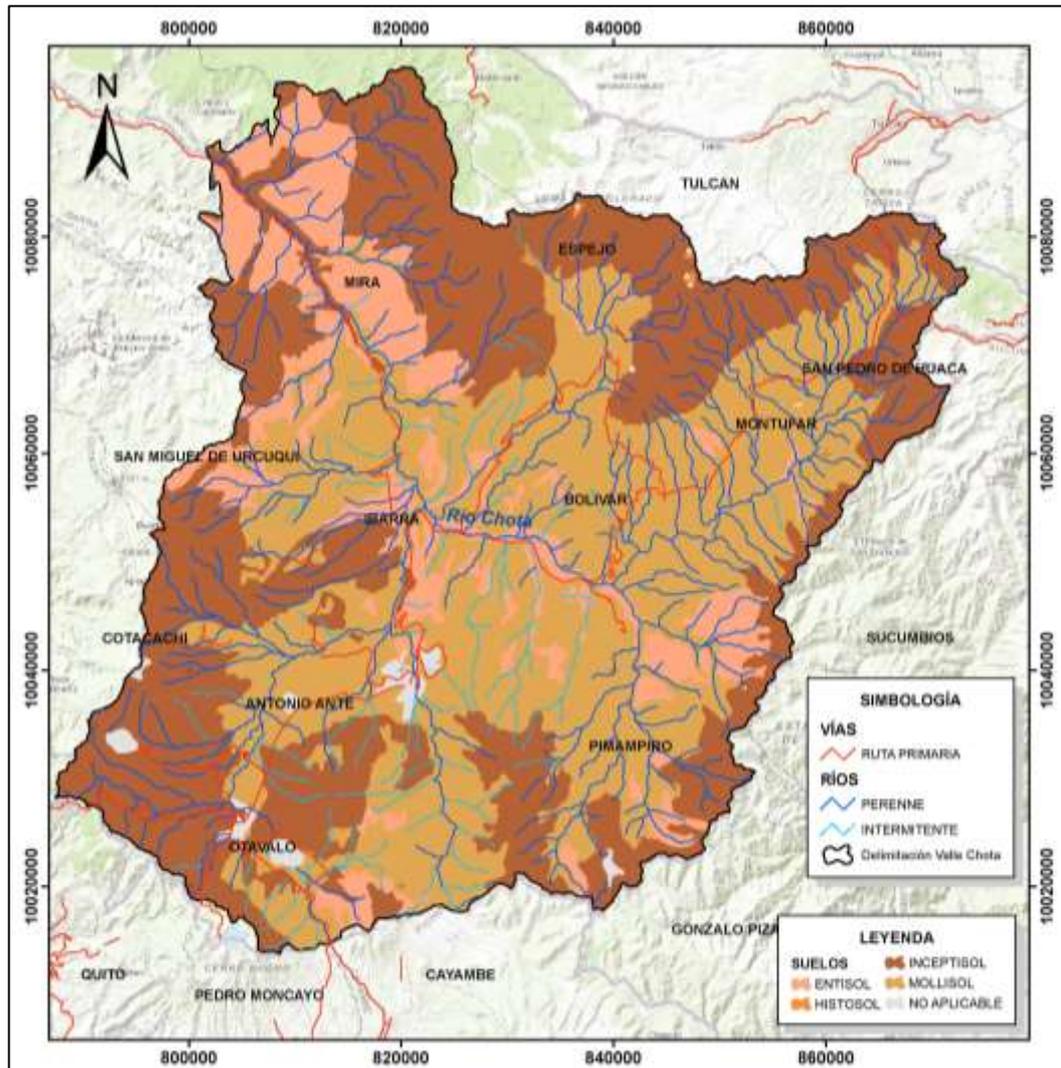


Figura 3. Mapa de tipos de suelos en el valle del río Chota

Según la clasificación de Holdridge (1967) y como se muestra en la Figura 4, las zonas de vida o formaciones vegetales presentes en el valle del río Chota son el bosque muy húmedo Montano (bmhM), bosque muy húmedo Montano Bajo (bmhMB), bosque húmedo Montano (bhM), bosque húmedo Montano Bajo (bhMB), bosque húmedo Pre-Montano (bhPM), bosque pluvial Montano (bpM), bosque pluvial Sub-Alpino (bpSA), estepa espinosa Montano Bajo (eeMB) y matorral seco Montano (msM), esta vegetación xerófila arbustiva es la que

predomina en el valle, cuyas principales especies son el algarrobo o espino (*Vachellia macracantha*), higuerilla (*Ricinus comunis*), penca verde o cabuya (*Agave americana pericana*), tuna (*Opuntia sp.*), entre otras. De acuerdo con la Figura 5 se puede observar que gran parte del recurso suelo son destinados para uso agropecuario, dejando cada vez más en menor disposición para la conservación y protección.

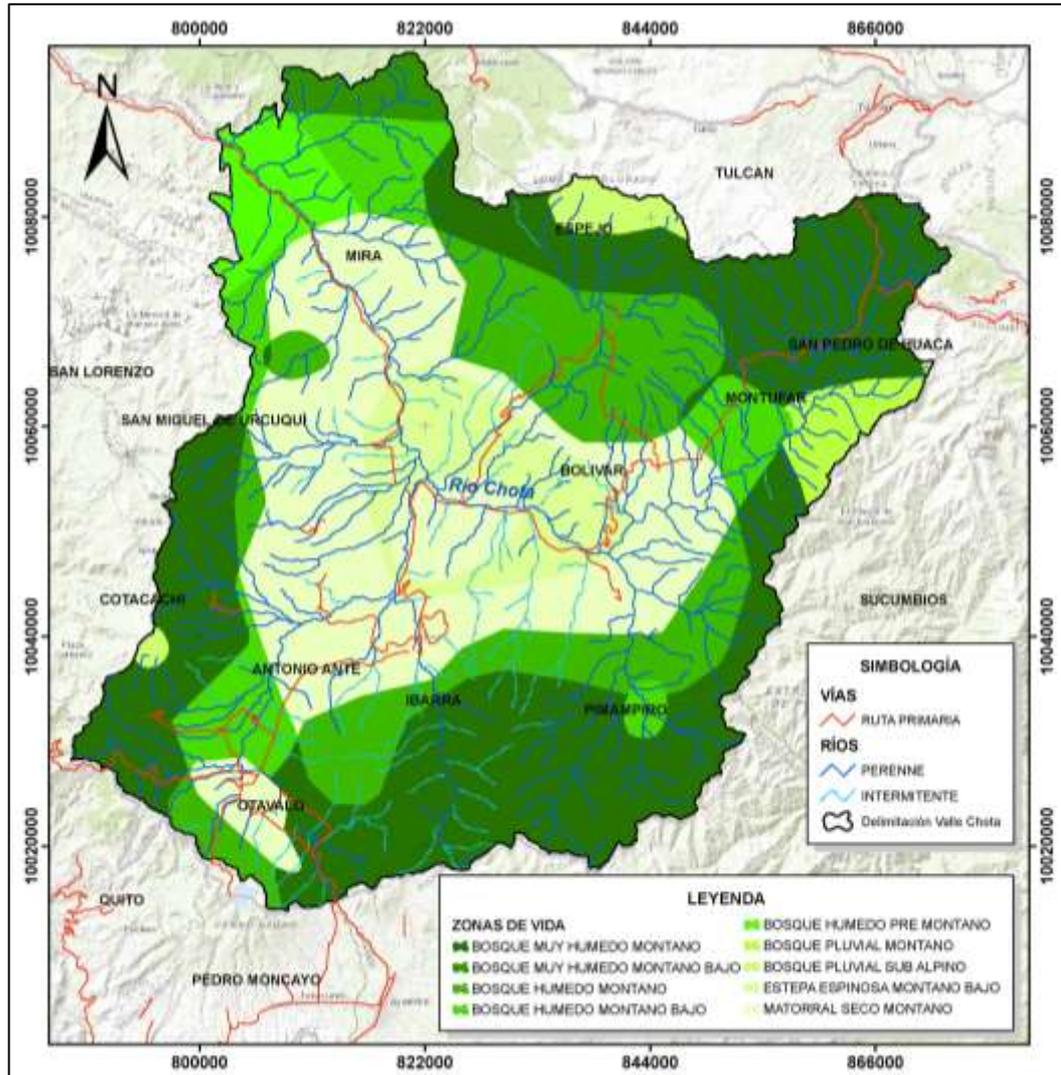


Figura 4. Mapa ecológico del valle del río Chota

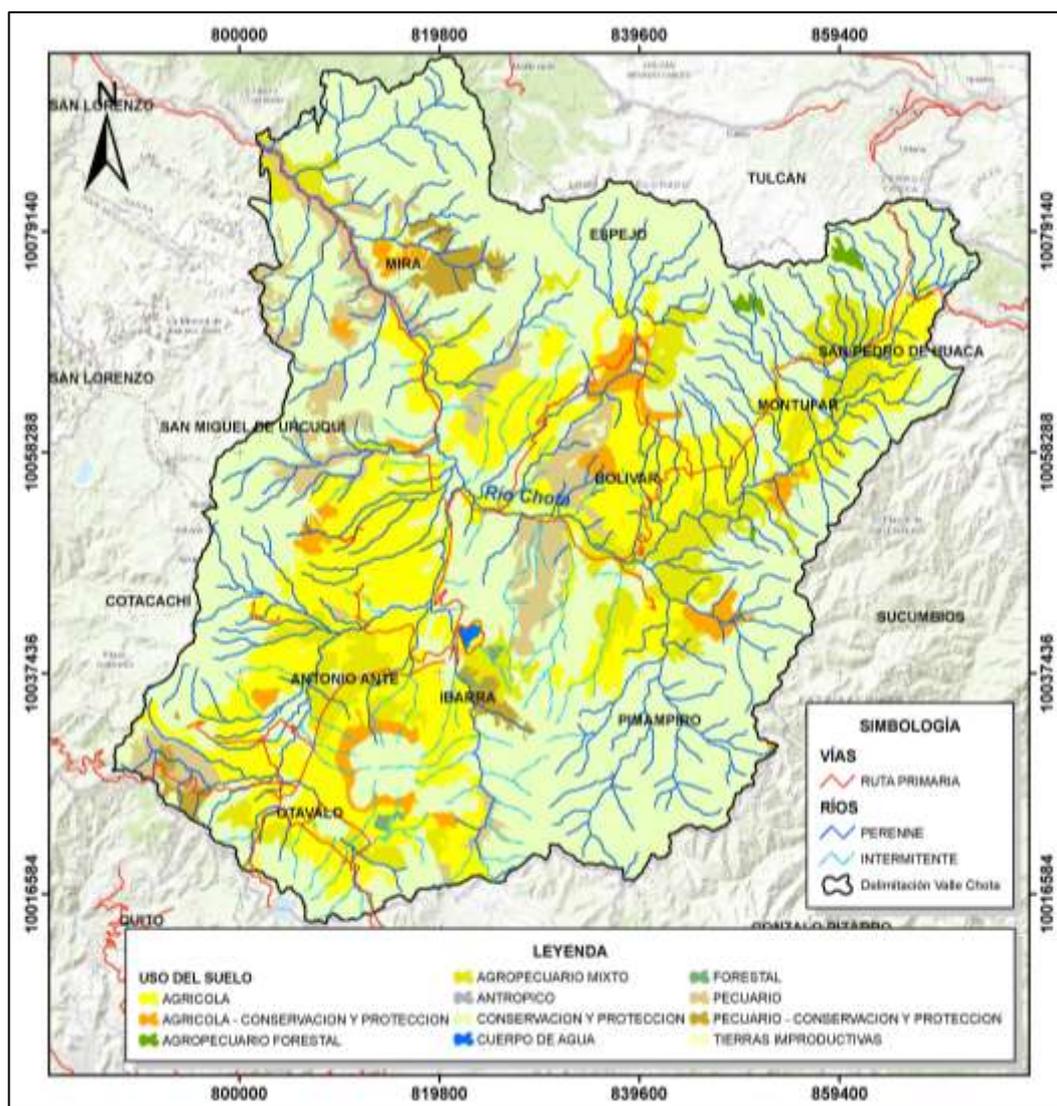


Figura 5. Mapa de uso de suelo del valle del río Chota

3.2 Métodos

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados en el presente estudio, se utilizó diversos métodos consolidados y respaldados en investigaciones de distintos autores.

3.2.1 Cuantificar los cambios de la cobertura del matorral seco montano en el valle del río Chota en un periodo de 30 años

Para cuantificar la variación de la cobertura matorral seco montano en el valle del río Chota, se desarrolló las siguientes actividades:

Pre-procesamiento de imágenes:

3.2.1.1 Búsqueda y descarga de imágenes de diferentes años en el servidor Earth Explorer del USGS

El análisis del cambio de la cobertura del matorral seco montano se llevó a cabo a través de seis imágenes provenientes de los satelitales Landsat 4-5, 7 y 8 para los años 1990, 2007 y 2020, respectivamente, localizadas en el Path-Row (10-59 y 10-60) provenientes del portal web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) <https://earthexplorer.usgs.gov/>, las cuales se muestran en la Tabla 2. Además, cuentan con una resolución de cuadrículas ráster de 30 m, ideal para identificar la cobertura de esta formación vegetal y cuantificar su variación en el tiempo (Millington et al., 2003).

Tabla 2. Imágenes de sensores remotos empleados

Satélite	Path-Row	Código de imagen satelital	Fecha (DD/MM/AA)
Landsat 4-5	10 – 59	LT05_L1TP_010059_19911015_2017 0125_01_T1	15/10/1990
	10 – 60	LT05_L1TP_010060_19911015_2017 0126_01_T1	
Landsat 7	10 – 59	LE07_L1TP_010059_20070731_2017 0102_01_T1	31/07/2007
	10 – 60	LE07_L1TP_010060_20070731_2017 0102_01_T1	
Landsat 8	10 – 59	LC08_L1TP_010059_20200811_2020 0822_01_T1	11/08/2020
	10 – 60	LC08_L1TP_010060_20200811_2020 0822_01_T1	

Fuente: Servidor web USGS

La elección de estas imágenes satelitales fue debido a que presentaron mejor resolución radiométrica, su disponibilidad en el área de estudio y el acceso gratuito, el conjunto de estos insumos de calidad garantiza información confiable derivada de la investigación. El procesamiento digital de estas imágenes se efectuó con softwares especializados en Sistemas de Información Geográfica, ArcGIS en su versión 10.8 y ENVI 5.3.

3.2.1.2 Tratamiento digital de las imágenes satelitales

Los procesos de corrección de las imágenes satelitales seleccionadas fueron realizados por el software ENVI, este tratamiento se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. Tratamiento digital de imágenes

Tratamiento	Descripción
Realce radiométrico	Mejora la imagen mediante algoritmos de la herramienta <i>Radiometric Calibration</i> , facilitando la interpretación de la cobertura vegetal presente en el valle del río Chota.
Realce multiespectral	Realiza un mejoramiento o realce de las imágenes a través de la combinación de bandas, para los períodos de análisis multitemporal de 1990, 2007 y 2020.
Corrección atmosférica	La aplicación de esta corrección se la realizó con la herramienta <i>FLAASH Atmospheric Correction</i> , para suavizar el efecto del relieve en las imágenes y borrar sombras de las nubes y neblinas.

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2013)

Procesamiento de imágenes:

3.2.1.3 Mosaico de imágenes y corte con el área de estudio

Mediante la herramienta *Mosaic to new raster* del software ArcGIS se realizó la combinación de las imágenes satelitales corregidas pertenecientes para cada año de análisis, obteniéndose tres imágenes ráster, posterior a esto con la herramienta *Extract by mask* se llevó a cabo el recorte de las imágenes con el polígono de estudio que comprende el valle del río Chota, como se evidencia en la Figura 6.

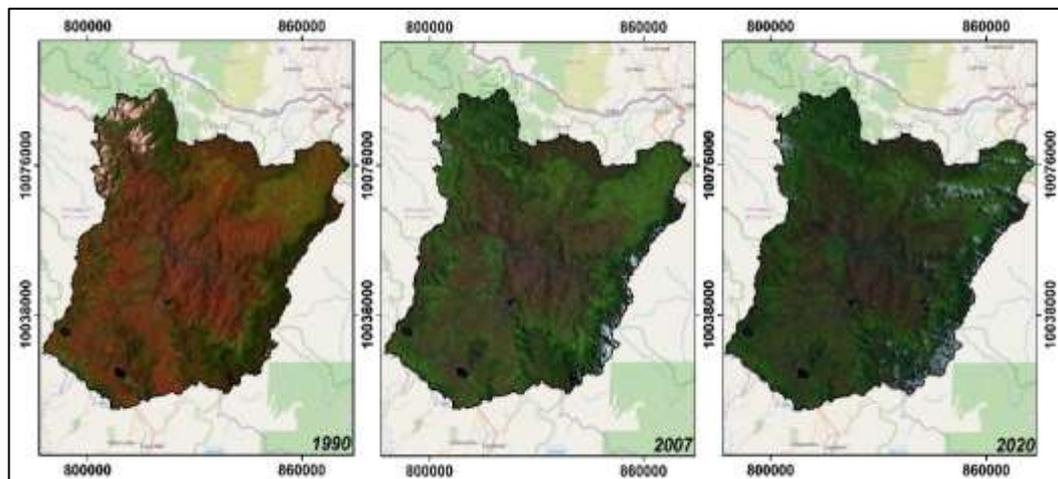


Figura 6. Corte de las imágenes unidas y corregidas con el área de estudio en RGB: 542

3.2.1.4 Clasificación supervisada e identificación de coberturas

Para este proceso se aplicó en el software ArcGIS el método de clasificación supervisada, a causa de que presenta un criterio de máxima verosimilitud por las áreas de entrenamiento que agrupan los píxeles de mayor probabilidad de las clases determinadas (Chuvieco, 2010).

El proceso inició con la adición de las tres imágenes con la combinación de bandas en Falso color para una mayor apreciación de las coberturas, para el caso de las Landsat 4-5 y 7 se utilizó la combinación (5-4-2) y en Landsat 8 (6-5-2), de ahí en cada imagen ráster se procedió a crear los polígonos de muestreo en las clases identificadas superponiéndolos en la agrupación de píxeles con similar valor de nivel digital en reflectancia y distribuidas de forma aleatoria cubriendo la mayor parte del área de estudio, con el fin de generar las firmas espectrales a través de la herramienta *Create signatures*. Lo siguiente fue emplear la herramienta *Maximum likelihood classification* para realizar la clasificación de las imágenes. Finalmente, tomando en cuenta que en la clasificación pudo formar ciertas celdas erróneas (ruido aleatorio) originando pequeñas zonas no válidas, se prosiguió aplicar la herramienta *Elimanate* para tratar con falsos polígonos o espacios entre polígonos de las imágenes.

De este procedimiento se determinaron 10 clases de coberturas presente en el área de estudio, las cuales fueron: Área sin vegetación (1), Bosque (2), Cuerpos de agua (3), Cultivos (4), Infraestructura agrícola (5), Matorral seco montano (6), Nubes (7), Páramo (8), Vegetación arbustiva (9) y Zona urbana (10).

Post-procesamiento de imágenes:

3.2.1.5 Validación de la clasificación mediante la matriz de contingencia

Para la validación del método de clasificación supervisada utilizado en las imágenes satelitales se tomó en cuenta un tamaño de muestra de 352 puntos, determinados de los 4.132 km² de superficie territorial que presenta el valle del río Chota y a un nivel de significancia del 95%, de los cuales 176 puntos fueron tomados en campo y los 176 restantes en la aplicación Google Earth. Con los datos recopilados en campo y los de referencia como valores de entrenamiento, se procedió hacer mediante los

métodos matriz de contingencia e índice Kappa un análisis de aciertos, es decir, medir el grado de concordancia entre clases y sus correctas ubicaciones, estimando de esta manera la exactitud de clasificación.

La matriz de contingencia determina la relación entre dos series de medidas (n x n), siendo n las clases presente en el área de estudio, la primera serie comprende la columna de la tabla con los datos reales adquiridos en el campo y la segunda serie la fila donde se sitúan los datos proporcionados del mapa. La aplicación de esta matriz origina tres tipos de exactitud, las cuales se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4. Tipos de exactitud para la validación de imágenes

Exactitud	Explicación
Global (EG)	Indica la exactitud del conjunto de las clases del método a evaluar. $EG = \frac{\sum_{i=1}^r x_{ii}}{N}$ Dónde: xii es la diagonal mayor de C; N es el número total de puntos de muestreo; r es el número de filas de la matriz.
De Usuario (EU)	Es el acertamiento de una clase en particular, respecto toda la clasificación. $EU = \frac{x_{ii}}{x_{i+}} * 100$ Dónde: xii es la diagonal de dicha fila; xi+ es el total de las marginales de la fila i.
De Productor (EP)	Es el acercamiento de una clase en particular, respecto a la clasificación a evaluar. $EP = \frac{x_{ii}}{x_{+i}} * 100$ Dónde: xii es la diagonal de dicha columna; x+i es el total de las marginales de la columna i.

Fuente: Dou et al. (2007); Li et al. (2009)

3.2.1.6 Validación con el índice Kappa

Dou et al. (2007) y Li et al. (2009), en sus estudios presentan el índice Kappa como un método para medir la concordancia de dos metodologías de clasificación, determinando la similitud existente entre la clasificación supervisada y los datos adquiridos en campo. Como se muestra en la Tabla 5 los rangos de valores del coeficiente comprenden 6 clases que van de 0 a 1, mientras más se aproximen a 1 la concordancia será mayor.

Tabla 5. Categoría de concordancias de validación para el índice Kappa

Rango	Concordancia
0	Nula
0,01 - 0,20	Leve
0,21 - 0,40	Aceptable
0,41 - 0,60	Moderada
0,61 - 0,80	Considerable
0,81 - 1,00	Casi perfecta

Fuente: Cerda y Villarroel (2008)

3.2.1.7 Análisis del cambio en la cobertura

Finalmente, el análisis se lo realizó en base a las variaciones y tasa anual de pérdida neta que presentaron las coberturas en los diferentes periodos, mediante las fórmulas “R” y “q”, respectivamente, definidas por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2017).

$$R = \frac{A_1 - A_2}{t_2 - t_1}; \quad q = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^{1/(t_2-t_1)} - 1$$

Dónde: **R** es la pérdida total anual promedio para un periodo determinado, **q** la Tasa anual de pérdida neta, **A₁** el área inicial (ha), **A₂** el área final (ha), **t₁** el año inicial y **t₂** el año final.

Se complementó esta información con la comparación de las coberturas en el periodo de estudio planteado, a través de una matriz de transición. Dicha matriz también denominada matriz de tabulación cruzada propuesta por Pontius et al. (2004) y Camacho et al. (2015), consiste en una tabla bidimensional, donde la columna contiene los datos de la fecha final y la fila los de la fecha inicial, dichos datos son producto de la sobreposición cartográfica de cobertura y uso del suelo de los años 1990 y 2020, llevada a cabo con la herramienta *Intersect* del ArcGIS. La diagonal principal de esta representa en superficie (ha) la persistencia de las clases de cobertura que careció de cambios entre la fecha de inicio y final, mientras que el resto de los datos indican la cantidad que cambia de una clase a otra. Toda la información contenida en la matriz se transformó a su equivalente en porcentaje para una mayor apreciación.

De esta manera se determinó las pérdidas, ganancias, cambio total, índice swat y cambio neto de las 10 clases de coberturas analizadas. Gallardo y Martínez. (2012), mencionan que las pérdidas se estiman de la diferencia del total de cada clase del año final “2020” con su persistencia “diagonal principal”; las ganancias de igual manera de la diferencia del total de cada clase del año inicial “1990” con su persistencia; el cambio total representa la sumatoria de las pérdidas con las ganancias; el índice swat comprende el valor duplicado de las pérdidas; el cambio neto se obtiene de la diferencia entre el cambio total y el índice swat.

3.2.2 Establecer los factores antrópicos que influyen en el incremento o disminución de la cobertura del matorral seco montano.

En base a la guía metodológica planteada por Chuvieco (2010), se determinó los factores antrópicos que inciden en la variación de la cobertura del matorral seco montano, a través de una evaluación de la información obtenida con el software ArcGIS. Este proceso consistió en evaluar el componente biofísico del valle del río Chota y analizar la incidencia de los factores antrópicos sobre la formación vegetal, adicionalmente con las salidas de campo se validó esta información por medio de una serie de variables, indicadores y criterios sistematizados en una matriz.

3.2.2.1 Elaboración cartográfica de distintas temáticas

Según el protocolo metodológico del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, y el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Apicultura y Pesca del Ecuador (2015), se tiene que cumplir con ciertas consideraciones técnicas y trabajar a una misma escala, en este caso a 1:50.000 para elaborar mapas temáticos, tales como el mapa bioclimático, mapa de pendientes, mapa ecológico (zonas de vida), mapa de uso actual del suelo, mapa de uso potencial del suelo y mapa de conflicto de uso de la tierra.

3.2.2.2 Evaluación del estado de conservación del matorral seco montano

En base a lo que mencionan Bazantes y Flores (2017), se aplicó dos metodologías para realizar la evaluación del estado de conservación de esta formación vegetal. La primera consiste en una apreciación subjetiva y calificación de variables por

medio de indicadores en campo, lo que permitió estimar el estado de conservación actual del ecosistema, tal como se muestra en la Tabla 6. Dicho método fue planteado por el Centro Informático de Geomática Ambiental et al. (2006), al cual se le añadió el valor de importancia entre indicadores en porcentaje y la valoración de cada indicador en campo acorde a criterios técnico, mientras que el estado de conservación se obtiene del cruce de estas variables y factores.

Tabla 6. Matriz de valoración

Variables e indicadores	Valor de importancia del indicador	Valor ponderado (%)	Valoración de campo	Estado de Conservación (%)
Cobertura original con relación a la superficie total del ecosistema				
Presencia de especies originales vegetales en la vegetación actual				
Presencia de estratos originales en la vegetación actual				
Diversidad florística específica (en función de la riqueza de especies)				
Fragmentación dentro del bosque				
Presencia de especies invasoras				
Abundancia de las especies características del ecosistema				
Endemismo florístico				
Salud de la biodiversidad				
Copa (grado de cobertura de copas)				
Estructura del bosque				
Producción de bosques nativos (diversidad de especies maderables)				
Producción de bosques nativos (abundancia de especies maderables)				
Silvicultura (aprovechamiento bajo principios de manejo sostenido)				
Estética dentro del bosque (preservación de la belleza escénica)				

Estética alrededor del bosque (preservación de la belleza escénica)
Usos tradicionales del bosque (por zonificación)
Manejo
Densidad de población dentro del bosque
Densidad de población fuera del bosque (zona de amortiguamiento)
% de uso de tierra vs % de cobertura vegetal
Población
Cultivos en la zona adyacente al bosque
Grado de modificación del paisaje debido a la presencia de cultivos
Cultivos
Deforestación
Asentamientos humanos
Carreteras
Problemática ambiental
Conflicto uso agropecuario vs protección
Minería vs conservación
Conflicto socioambiental
TOTAL

Fuente: Centro Informático de Geomática Ambiental et al. (2006)

- **Valor de importancia del indicador:** Toma valores entre 1 y 3 conforme a su importancia y para el apartado de ponderación se la realizó sobre 100.
 - **1** comprende el estado de importancia bajo.
 - **2** comprende el estado de importancia medio.
 - **3** comprende el estado de importancia alto.

- **Valor de campo:** Presenta valores de entre 1 y 4, de acuerdo a la calificación obtenida en la matriz de campo.
 - **1** corresponde a Malo (M).
 - **2** corresponde a Regular (R).
 - **3** corresponde a Bueno (B).
 - **4** corresponde a Muy bueno (MB).

- **Estado de conservación:** Comprende la sumatoria de la valoración ponderada de cada factor, aplicando la siguiente fórmula:

$$E = \frac{P * C}{4}$$

Dónde:

- **E** es el estado de conservación.
- **P** es la valoración ponderada.
- **C** es la valoración en campo.

En la Tabla 7 se indican los rangos de valoración para determinar el grado de conservación del ecosistema.

Tabla 7. Categoría de valoración

Rango	Valoración del estado de conservación
0 – 25	Malo
25,1 – 50	Regular
50,1 – 75	Bueno
75,1 – 100	Muy Bueno

Fuente: Centro Informático de Geomática Ambiental et al. (2006)

La segunda metodología es aplicando Sistemas de Información Geográfica en base a lo establecido por el Instituto Geográfico Militar (2013), consiste en sobreponer información ráster de las capas de cobertura vegetal actual, uso actual del suelo, uso potencial del suelo y conflictos socioambientales del suelo. El resultado de esta intersección se lo categorizó como Muy Bueno, Bueno, Regular y Malo.

3.2.3 Estrategias enfocadas en la conservación del matorral seco montano en el valle del río Chota.

La propuesta de estrategias focalizadas en la conservación del matorral seco montano se efectuó tomando en cuenta la variación que presenten las coberturas en el valle del río Chota derivados del análisis de cambio. Estas estrategias tienen como finalidad la recuperación de la estructura y función del ecosistema, su formulación parte con el análisis de viabilidad de los objetos de conservación propuesta por Granizo et al. (2006), relevante en la planificación para la conservación de áreas,

dado que permite definir metas de conservación en base a la selección de atributos ecológicos de conservación clave, los cuales se detallan en la Tabla 8 y el rango de valores que toma en la Tabla 9.

Tabla 8. Atributos ecológicos clave para la conservación

Atributos ecológicos	Definición
Tamaño	Medida del área o abundancia del objeto de conservación.
Condición	Medida integral de la composición, estructura e interacciones bióticas que caracterizan al sitio de estudio.
Contexto paisajístico	Medida integral de los regímenes y procesos ambientales dominantes.

Fuente: Granizo et al. (2006)

Tabla 9. Valores de los indicadores de viabilidad

Calificación		Descripción
Cualitativa	Cuantitativa	
Muy Bueno	4 puntos	El indicador se encuentra en un estado ecológicamente deseable. Es probable que se requiera poca intervención humana para el mantenimiento de los rangos naturales de variación.
Bueno	3,5 puntos	El indicador se encuentra dentro de un rango de variación aceptable. Podemos requerir alguna intervención humana para su mantenimiento.
Regular	2,5 puntos	El indicador se encuentra fuera del rango de variación aceptable. Requerimos de la intervención humana para su mantenimiento. Si no damos seguimiento, el objeto de conservación podrá sufrir una degradación severa.
Pobre	1 punto	Si permitimos que el indicador se mantenga en esta categoría, la restauración o prevención, a largo plazo, del objeto de conservación será imposible (complicada, costosa y con poca certeza de poder revertir el proceso de alteración).

Fuente: Granizo et al. (2006)

En conjunto con los principios de restauración de hábitat propuesto por Turner et al. (2001), que se manifiestan en la Tabla 10, se determinarán estrategias que contendrán diferentes enfoques y alcances.

Tabla 10. Principios para la restauración de hábitat

Principio	Función
1	Mantener parches grandes de vegetación nativa y prevenir su fragmentación por actividades humanas.
2	Establecer prioridades para la protección de especies y proteger los hábitats que restringen la distribución y abundancia de estas especies.
3	Proteger elementos raros del paisaje y orientar el desarrollo hacia áreas del paisaje que contienen características comunes.
4	Mantener conexiones entre hábitats de vida silvestre, identificando corredores de vida silvestre.
5	Mantener los procesos ecológicos importantes como incendios e inundaciones en áreas protegidas.
6	Contribuir a la persistencia regional de especies raras mediante la protección local de algunos de sus hábitats.

Fuente: Turner et al. (2001)

3.3 Materiales y equipos

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se utilizaron los materiales y equipos que se indican en la Tabla 11.

Tabla 11. Materiales y equipos

Materiales	Equipos
Imágenes satelitales Landsat 8 de los años 1990 y 2020	Computador portátil
Softwares ArcGIS 10.8 y ENVI 5.3	Impresora
Archivos de Información Geográfica del Sistema Nacional de Información a escala 1:50.000	Cámara fotográfica
Libretas de campo	Navegador GPS
Lápiz	Vehículo

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se detallan los resultados obtenidos de la investigación referente al análisis del cambio de cobertura del matorral seco montano.

4.1 Tasa de variación de la cobertura del matorral seco montano en el valle del río Chota en el periodo 1990 – 2020

En un intervalo de tiempo de 30 años se evidenció una considerable reducción de la cobertura del matorral seco montano, encontrando que en el subperiodo de 1990 – 2007 hubo una disminución de 34.480,81 ha a 30.168,23 ha, donde perdió 4.312,58 ha (13%), mientras que en el otro subperiodo 2007 – 2020 la disminución del ecosistema fue de 30.168,23 ha a 27.525,96 ha, perdiendo 2.642,27 ha (9%), como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Área estimada de las diferentes coberturas y uso de suelo del valle del río Chota (1990 - 2020)

COBERTURAS	1990		2007		2020	
	ha	%	ha	%	ha	%
Área sin vegetación	10.838,00	2,62	3.008,94	0,73	4.925,07	1,19
Bosque	58.253,51	14,10	100.962,09	24,43	59.017,36	14,28
Cuerpos de agua	1.432,83	0,35	1.403,49	0,34	1.400,13	0,34
Cultivos	191.868,22	46,43	222.520,04	53,85	251.698,86	60,91
Infraestructura agrícola	127,99	0,03	309,99	0,07	317,52	0,08
Matorral seco montano	34.480,81	8,34	30.168,23	7,30	27.525,96	6,66
Nubes	11.007,82	2,66	3.355,38	0,81	8.826,11	2,14
Páramo	64.791,78	15,68	36.636,75	8,87	33.351,51	8,07
Vegetación arbustiva	39.667,02	9,60	12.575,31	3,04	22.269,11	5,39
Zona urbana	754,79	0,18	2.282,56	0,55	3.891,15	0,94
Total	413.222,77	100	413.222,77	100	413.222,77	100

Es decir, que un total de 6.954,85 ha (20%) de matorral seco montano existente en 1990 fue intervenido o reemplazado por otro tipo de cobertura hasta el año 2020, manifestando una pérdida anual promedio de 231,83 ha/año y una tasa anual de pérdida neta de -0,74%, como se indica en la Tabla 13.

Tabla 13. Variación de cambios entre periodos y tasa anual de pérdida neta

COBERTURAS	1990 - 2007		2007 - 2020		Global 1990 - 2020		Tasa anual de pérdida neta	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha/año	%
Área Sin Vegetación	-7.829,06	-0,72	1.916,13	0,64	-5.912,93	-0,55	-197,10	-2,59
Bosque	42.708,57	0,73	-41.944,73	-0,42	763,84	0,01	25,46	0,04
Cuerpo de Agua	-29,34	-0,02	-3,35	0,00	-32,69	-0,02	-1,09	-0,08
Cultivos	30.651,82	0,16	29.178,81	0,13	59.830,64	0,31	1.994,35	0,91
Infraestructura Agrícola	181,99	1,42	7,53	0,02	189,52	1,48	6,32	3,07
Matorral Seco Montano	-4.312,58	-0,13	-2.642,27	-0,09	-6.954,85	-0,20	-231,83	-0,75
Nubes	-7.652,44	-0,70	5.470,73	1,63	-2.181,71	-0,20	-72,72	-0,73
Páramo	-28.155,03	-0,43	-3.285,24	-0,09	-31.440,28	-0,49	-1.048,01	-2,19
Vegetación Arbustiva	-27.091,70	-0,68	9.693,80	0,77	-17.397,91	-0,44	-579,93	-1,91
Zona Urbana	1.527,77	2,02	1.608,59	0,70	3.136,36	4,16	104,55	5,62

En cuanto a las coberturas de intervención antrópica, se registra un aumento considerablemente en su extensión territorial durante el periodo de 1990 a 2020, pasando las infraestructuras agrícolas de un 0,03% a ocupar 0,08%; la zona urbana de un 0,18% a un 0,94%; los cultivos de 46,43% a 60,91% del área total del valle del río Chota, siendo esta última clase dominante en el territorio, incidiendo de manera directa en la disminución de la cobertura del matorral seco montano, pasando de 8,34% a 6,66%.

Es notorio que la variación del matorral seco montano y demás coberturas vegetales en el valle del río Chota son producto de la influencia humana, como se visualiza en la Figura 7, dado que generan efectos adversos sobre el sistema biofísico provocando a su vez impactos en los sistemas biológicos como estos ecosistemas y la biota que residen en ellos. En este caso transforman las clases naturales en factores antrópicos de los que se benefician como asentamientos poblaciones, obras de acceso viales, uso e incremento de tierras agrícolas para producción de monocultivos y ganadería, lo cual se evidencia en la investigación al ver incrementos en los porcentajes de las clases cultivos, infraestructura agrícola y zona urbana.

Estas acciones son conductores de cambio global que a largo plazo ocasionarán desertificación, agotamiento de recursos, degradación ambiental, aporte al cambio climático, el daño causado no solo se reflejará en el ambiente sino también en la humanidad al incrementarse los índices de pobreza, de mortalidad, en sí un desarrollo insustentable.

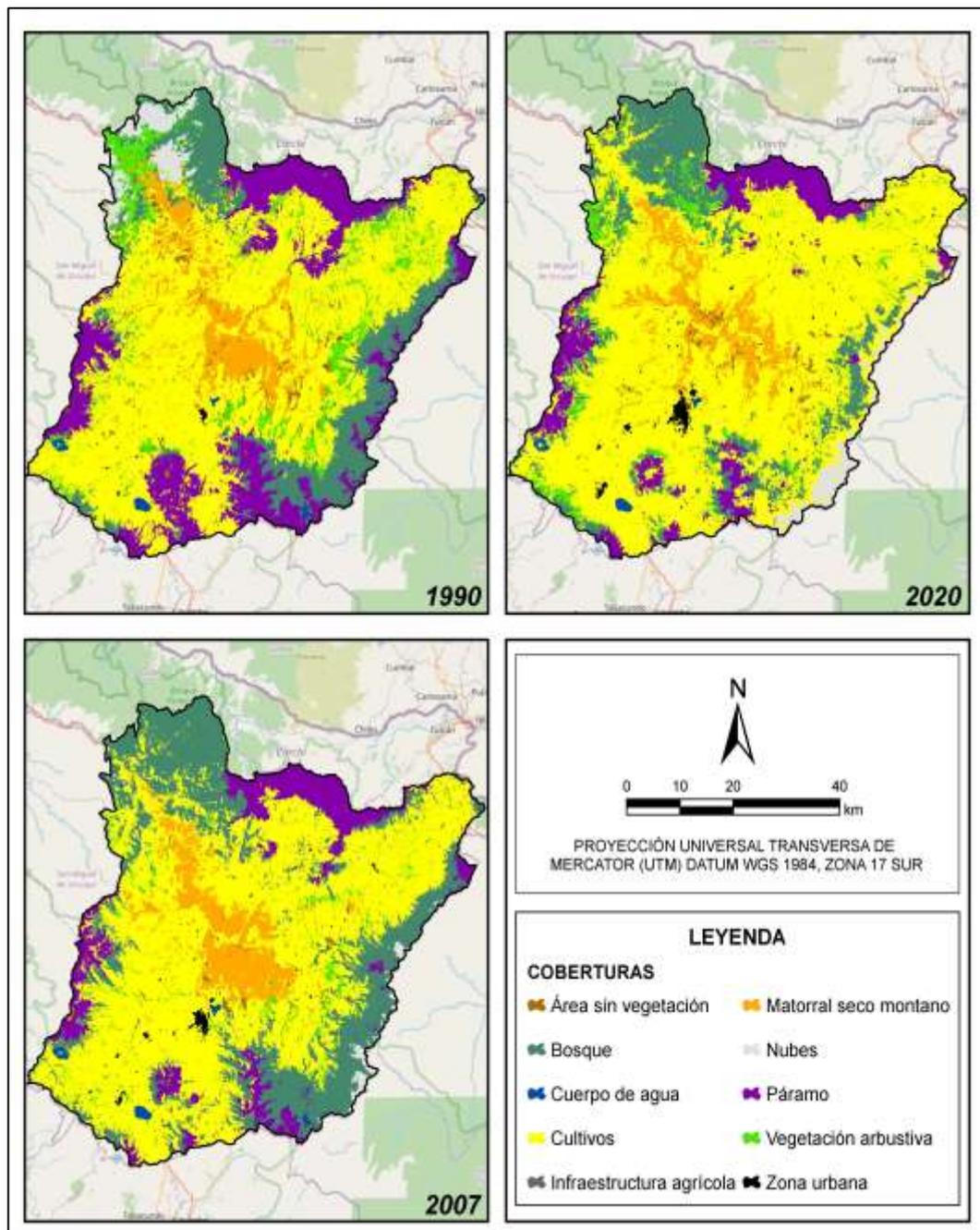


Figura 7. Mapas de coberturas vegetales del valle del río Chota

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran similitudes con diversas investigaciones llevados a cabo tanto nacional como internacionalmente, siendo el más impactante el de Alvarado y Otero (2017), donde determinaron una reducción del 50% del bosque seco tropical en el valle del Cauca de Colombia en un periodo de 30 años, debido al incremento de un 72% de las áreas destinadas a cultivos; Zorogastúa et al. (2011) en la evaluación de cambios en la cobertura y uso de la tierra en la región Piura de Perú, estimaron que hubo una reducción del 23% de la cobertura del bosque seco y una persistencia del 38%; Nené et al. (2017) con su estudio comprobaron que el bosque seco tropical es uno de los ecosistemas más afectados en la costa de Jalisco en México, al ver que estos bosques disminuyeron en un 16 % en la cuenca María García y un 17% en la cuenca Arroyo Seco, mientras que las áreas con usos agropecuarios se elevaron aproximadamente a un 55%; León et al. (2014) establecieron que la clase predominante en Cuchilla de la Zarca en México fueron los cultivos y pastizales con un 61% del área total, este valor es igual al presente en el valle del río Chota al ser conformado por el 60,91% de cultivos.

En contexto nacional con el estudio de Andrade (2014), se determinó que en la cuenca baja del río Guayas hubo una pérdida del 46,29% del bosque seco tropical en un periodo de 26 años; Jumbo (2018) evaluó el cambio de cobertura y uso del suelo en la zona de veda del bosque seco ubicado en la zona occidental de las provincias de El Oro y Loja, donde los resultados evidenciaron una pérdida del 13,30% del bosque seco a causa del aumento considerable de las tierras agropecuarias en un 20,33%.

4.1.1 Matriz de contingencia e índice Kappa

En la Tabla 14 se muestra la matriz de contingencia para la validación de la clasificación supervisada de la imagen Landsat 8 del año 2020, la cual expresa en las columnas los valores estimados por el usuario y en las filas los valores estimados como predicción por el ArcGIS. Determinándose para la clase área sin vegetación (1) valores de 14 en usuario y 15 en predicción; para el bosque (2) 61 en usuario y 52 en predicción; para los cuerpos de agua (3) 20 en usuario y 22 en predicción; para los cultivos (4) 74 en usuario y 65 en predicción; para la infraestructura agrícola (5) 13 en usuario y 17 en predicción; para el matorral seco montano (6) 34

en usuario y 40 en predicción; para las nubes (7) 16 en usuario y 16 en predicción; para el páramo (8) 55 en usuario y 60 en predicción; para la vegetación arbustiva (9) 19 en usuario y 20 en predicción; por último la zona urbana (10) 46 en usuario y 45 en predicción, dando una precisión general de 88,92%. Evidenciándose una alta correlación entre los datos de coberturas y uso del suelo de la clasificación supervisada con los datos recopilados en campo.

Tabla 14. Matriz de contingencia de la clasificación supervisada de la imagen satelital Landsat 8, 2020.

	Coberturas y usos de suelo										Clasificación General	Precisión del Productor	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Resultados clasificados	1	12	0	0	1	1	0	0	0	0	1	15	80
	2	0	50	0	0	0	2	0	0	0	0	52	96
	3	0	0	20	2	0	0	0	0	0	0	22	91
	4	0	0	0	61	0	2	0	0	0	2	65	94
	5	0	0	0	5	11	0	0	0	0	1	17	65
	6	1	7	0	0	0	30	0	0	2	0	40	75
	7	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	16	100
	8	0	0	0	4	0	0	0	55	1	0	60	92
	9	0	4	0	0	0	0	0	0	16	0	20	80
	10	1	0	0	1	1	0	0	0	0	42	45	93
Verdad General		14	61	20	74	13	34	16	55	19	46	352	
Precisión del Usuario		86	82	100	82	85	88	100	100	84	91		
Precisión General (OA):		88,92											
Índice Kappa:		0,87											
1 Área sin vegetación	4 Cultivos	7 Nubes	10 Zona urbana										
2 Bosque	5 Infraestructura agrícola	8 Páramo											
3 Cuerpos de agua	6 Matorral seco montano	9 Vegetación arbustiva											

El índice Kappa estimado fue de 0,87 lo que indica que la clasificación supervisada es muy significativa, puesto que se encuentra en el rango de 0,81 – 1,00 categorizándolo como casi perfecta, en concordancia con la predicción entre el software y el usuario, validando los resultados del análisis de la variación de las coberturas y uso del suelo en el periodo de estudio.

Allison et al. (2016), mencionan que desde hace varias décadas se ha venido utilizando la teledetección aéreo-transportada y satelital para el monitoreo de las coberturas existentes en la tierra, asegurando que la clasificación supervisada es el método más preciso y para su validación son la matriz de contingencia e índice Kappa. En el estudio de Vargas y Campos (2018) en Costa Rica, se llevó a cabo diversas clasificaciones con diferentes algoritmos en coberturas relacionadas al bosque seco tropical, en donde se destacó el rendimiento de la herramienta *Maximum likelihood* conforme a los valores de precisión e índice Kappa que fueron 81,11% y 0,77, respectivamente, siendo los mejores resultados. De acuerdo con Moreno (1991), *Maximum likelihood* presenta mayor precisión, debido a que no muestra restricción con la cantidad de áreas de entramiento empleadas y suele adaptarse a la disposición original de los datos.

Tapia et al. (2015) indican unos resultados muy parecidos en su estudio referente a la deforestación y fragmentación forestal en el sur del Ecuador, en donde emplearon la matriz de confusión y obtuvieron una precisión general de 92,4% e índice Kappa de 0,84, estos valores son muy similares con los obtenidos en la presente investigación.

4.1.2 Análisis de la dinámica y procesos de cambio de la cobertura del matorral seco montano

La matriz de transición de cambios de la Tabla 15 indica que durante el periodo de 1990 – 2020 el 58,96% de las coberturas y usos de suelo mantuvieron su área territorial, sin embargo, la mayor parte de este porcentaje corresponde a los cultivos que presentan una persistencia del 38,37%, y el 41,04% restante presentó cambios. Respecto al porcentaje de ganancia la clase que presenta mayor significancia son los cultivos con un 22,55% y la que obtuvo menor ganancia fue los cuerpos de agua con un 0,01%, mientras que en el porcentaje de pérdida la clase que mayor cambio manifestó fue la vegetación arbustiva con 8,44% y la infraestructura agrícola sufrió pocos cambios con un 0,03%.

Tabla 15. Matriz de transición de cambio de coberturas vegetales en el periodo de 1990 – 2020 (% de ha)

		2020										Total 1990	Pérdida
		Asv	B	Cda	C	Ia	Msm	N	P	Va	Zu		
1990	Asv	0,14	0,14	0,00	1,54	0,00	0,57	0,00	0,12	0,10	0,02	2,62	2,48
	B	0,02	7,91	0,00	3,78	0,01	0,01	1,17	0,01	1,18	0,00	14,09	6,19
	Cda	0,00	0,01	0,26	0,03	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,35	0,08
	C	0,34	1,90	0,01	38,37	0,03	2,56	0,01	0,29	2,31	0,63	46,44	8,07
	Ia	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03
	Msm	0,49	0,17	0,00	3,96	0,00	3,40	0,00	0,00	0,14	0,18	8,34	4,95
	N	0,00	1,77	0,00	0,55	0,02	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	2,66	2,66
	P	0,04	1,19	0,00	5,66	0,00	0,02	0,97	7,62	0,17	0,01	15,67	8,05
	Va	0,16	1,20	0,00	6,95	0,01	0,08	0,01	0,02	1,16	0,01	9,60	8,44
	Zu	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,09	0,18	0,09
Total 2020		1,19	14,28	0,28	60,92	0,07	6,66	2,19	8,07	5,39	0,94	100	41,04
Ganancia		1,05	6,38	0,01	22,55	0,07	3,26	2,19	0,45	4,23	0,85	41,04	

Nota: Asv= Área sin vegetación; B= Bosque; Cda= Cuerpos de agua; C= Cultivos; Ia= Infraestructura agrícola; Msm= Matorral seco montano; N= Nubes; P= Páramo; Va= Vegetación arbustiva y Zu= Zona urbana

El matorral seco montano en términos generales tuvo una ganancia de 3,26% que equivale a 13.480,62 ha, sin embargo, presentó una mayor pérdida de su cobertura en 4,95% que representa 20.430,48 ha. En la Figura 8 se aprecia que este ecosistema en el año 1990 registraba una cobertura de 8,34%, que se traduce en una superficie de 34.473,19 ha, de las cuales el 4,95% que vienen a ser 20.430,48 ha sufrieron graves cambios, es decir, que más de la mitad de la cobertura fue sustituida por otras clases, destacándose los cultivos en gran medida con 3,96% representando 16.345,72 ha, las áreas sin vegetación con 0,49% que equivale a 2.021,43 ha y la zona urbana con 0,18% que son 758,21 ha como factores influenciados por la presencia antrópica, y en menor porcentaje la transición hacia otras coberturas naturales como el bosque con 0,17% que representa 695,33 ha y vegetación arbustiva con 0,14% que equivale a 598,4 ha.

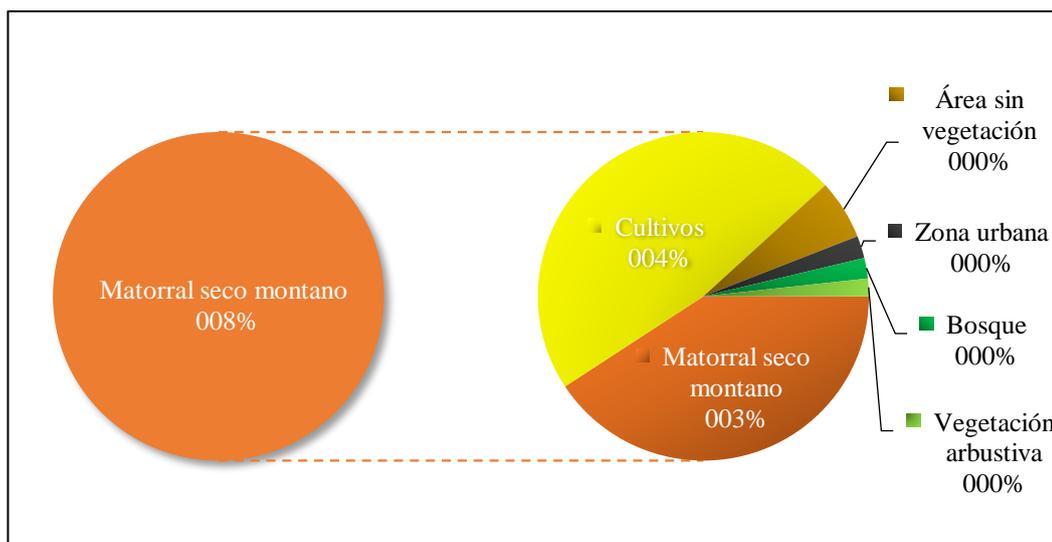


Figura 8. Transición de cambios del Matorral seco montano

Conforme con el análisis de la matriz de transición de cambios, se estableció el porcentaje de la variación de cada categoría de cobertura y uso del suelo para el periodo de 30 años. Como se muestra en la Tabla 16, el cambio neto del matorral seco montano fue de -1,68%, es decir, que hubo una reducción de su superficie a causa de las actividades antrópicas desarrolladas en valle del río Chota, las clases que también presentaron un cambio neto traducido en pérdidas fueron el área sin vegetación con -1,43%; las nubes con -0,47%; el páramo con -7,61%; la vegetación arbustiva con -4,21%; los cuerpos de agua registraron una variación poco significativa de -0,07%.

Tabla 16. Variación de cambio de coberturas vegetales en el periodo 1990 – 2020 (en %)

1990/2020	Pérdida	Ganancia	Cambio total	Swat	Cambio neto
Área sin vegetación	2,48	1,05	3,54	4,97	-1,43
Bosque	6,19	6,38	12,56	12,37	0,19
Cuerpos de agua	0,08	0,01	0,10	0,16	-0,07
Cultivos	8,07	22,55	30,61	16,13	14,48
Infraestructura agrícola	0,03	0,07	0,10	0,06	0,04
Matorral seco montano	4,95	3,26	8,21	9,89	-1,68
Nubes	2,66	2,19	4,85	5,32	-0,47
páramo	8,05	0,45	8,50	16,10	-7,61
Vegetación arbustiva	8,44	4,23	12,67	16,88	-4,21
Zona urbana	0,09	0,85	0,95	0,19	0,76

Las clases que presentaron ganancias en su cambio neto exceptuando el bosque con 0,19%, fueron las influenciadas por las actividades antrópicas, siendo la más representativa los cultivos con 14,48%; ligeramente las infraestructuras agrícolas con 0,04%; la zona urbana con 0,76%.

Lambin et al. (2003) y Tapia et al. (2015), manifiestan que la deforestación y fragmentación en los trópicos es uno de los precursores de cambios en la cobertura del suelo en diferentes escalas, debido a factores socioeconómicos, demográficos y biofísicos que explican los patrones de uso espacial de la tierra en este ecosistema. Se ha reportado resultados similares en México, con el estudio de Corona et al. (2016), donde las actividades antrópicas que más inciden en los cambios de uso y cobertura del bosque seco fueron principalmente las asociadas con la agricultura y en menor extensión las áreas rurales y residenciales, además muestra aumento en todas las clases.

El porcentaje de la transición de cambio del matorral seco montano hacia otras coberturas fue elevado, disminuyendo aproximadamente el 59% de su cobertura, caso similar ocurre en los bosques tropicales del sur de Ecuador, donde Tapia et al. (2015), indican que el 46% de la cobertura original de estos ecosistemas disminuyó en un periodo de 32 años.

4.2 Incidencia de los factores antrópicos en los cambios de la cobertura del matorral seco montano

Los resultados del análisis de la variación de las coberturas y las salidas de campo fueron útiles para evaluar los distintos criterios y variables ambientales, determinando el estado de conservación del ecosistema matorral seco montano en el valle del río Chota.

4.2.1 Evaluación del estado de conservación del matorral seco montano

Con la información recopilada y evaluación de las variables e indicadores del matorral seco montano se logró determinar el estado actual de conservación del área de estudio y las áreas con bajo y alto grado de intervención.

La evaluación de variables e indicadores señaló que el matorral seco montano del valle del río chota contempla un estado actual de conservación REGULAR, dado que dio como producto un valor de 41,10% que resulta del valor ideal ponderado y valoración de campo, el cual se detalla en la Tabla 17. Dando a comprender que en el ecosistema presenta fuertes presiones y amenazas derivadas de las actividades antrópicas que están reduciendo los recursos biológicos existentes.

Tabla 17. Valoración del estado actual del matorral seco montano

Variables e indicadores	Valor de importancia del indicador	Valor ponderado (%)	Valoración de campo	Estado de Conservación (%)
Cobertura original con relación a la superficie total del ecosistema	3	5,08	2	2,54
Presencia de especies originales vegetales en la vegetación actual	3	5,08	2	2,54
Presencia de estratos originales en la vegetación actual	3	5,08	2	2,54
Diversidad florística específica (en función de la riqueza de especies)	3	5,08	2	2,54
Fragmentación dentro del bosque	2	3,39	1	0,85
Presencia de especies invasoras	1	1,69	2	0,85
Abundancia de las especies características del ecosistema	3	5,08	3	3,81
Endemismo florístico	2	3,39	2	1,69
Salud de la biodiversidad	20	33,90	16	17,37
Copa (grado de cobertura de copas)	2	3,39	2	1,69
Estructura del bosque	2	3,39	2	1,69
Producción de bosques nativos (diversidad de especies maderables)	1	1,69	1	0,42
Producción de bosques nativos (abundancia de especies maderables)	1	1,69	1	0,42
Silvicultura (aprovechamiento bajo principios de manejo sostenido)	2	3,39	1	0,85
Estética dentro del bosque (preservación de la belleza escénica)	3	5,08	2	2,54

Estética alrededor del bosque (preservación de la belleza escénica)	2	3,39	1	0,85
Usos tradicionales del bosque (por zonificación)	1	1,69	2	0,85
Manejo	10	16,95	8	5,93
Densidad de población dentro del bosque	3	5,08	2	2,54
Densidad de población fuera del bosque (zona de amortiguamiento)	2	3,39	1	0,85
% de uso de tierra vs % de cobertura vegetal	2	3,39	2	1,69
Población	7	11,86	5	5,08
Cultivos en la zona adyacente al bosque	3	5,08	1	1,27
Grado de modificación del paisaje debido a la presencia de cultivos	3	5,08	2	2,54
Cultivos	6	10,17	3	3,81
Deforestación	3	5,08	2	2,54
Asentamientos humanos	3	5,08	1	1,27
Carreteras	2	3,39	1	0,85
Problemática ambiental	8	13,56	4	4,66
Conflicto uso agropecuario vs protección	3	5,08	1	1,27
Minería vs conservación	3	5,08	1	1,27
Conflicto socioambiental	6	10,17	2	2,54
TOTAL	59	100	40	41,10

En la Figura 9 se observa las variables que indican de manera perjudicial en el estado de conservación del matorral seco montano son principalmente la salud de la biodiversidad; el poco interés en el manejo del ecosistema que se deriva en una baja preocupación por la conservación y protección de sus recursos; la problemática ambiental latente dentro y adyacente al ecosistema por gran presión de los monocultivos y actividades mineras; las actividades antrópicas de la población que presionan y provocan una dinámica socioeconómica destructiva de la biodiversidad en el matorral seco montano.

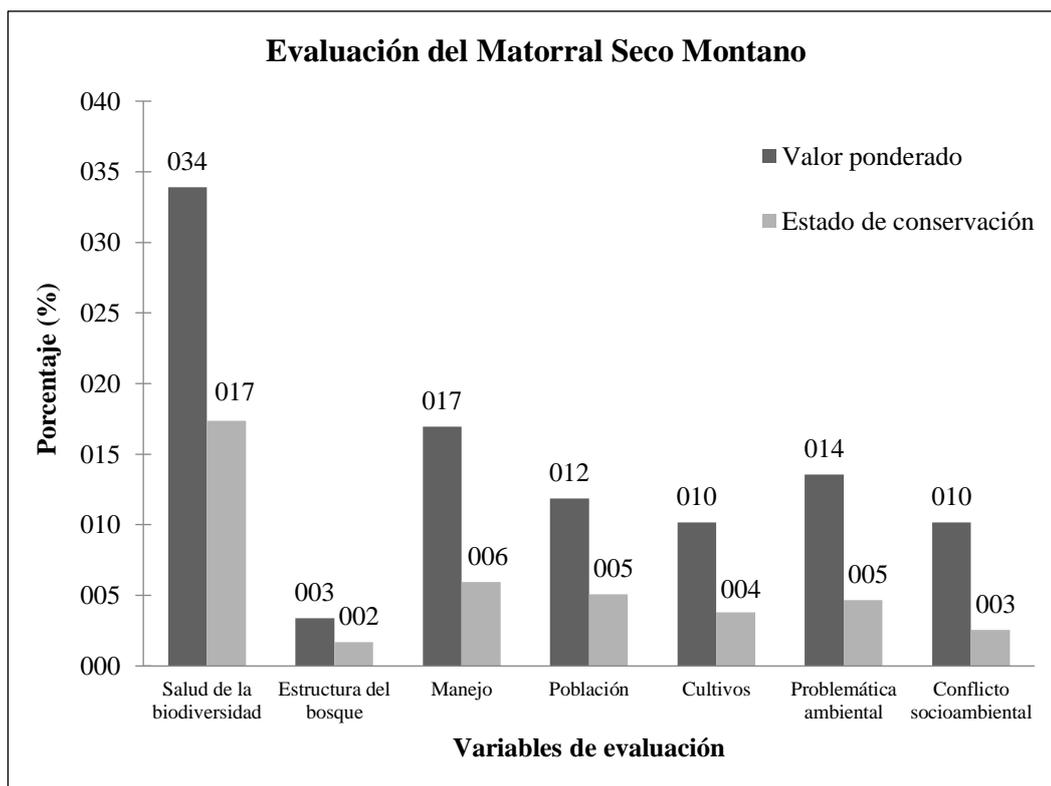


Figura 9. Representación de las variables analizadas y estado de conservación evaluado

El Centro Informático de Geomática Ambiental et al. (2006) en conjunto con el Herbario Reinaldo Espinosa – Loja y la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja han desarrollado un macroproyecto denominado “Estado de conservación de áreas protegidas y bosques protectores de las provincias Loja y Zamora Chinchipe, perspectivas de intervención”, donde se ha empleado la matriz de valoración en distintas zonas para evaluar el estado actual de conservación. Dentro de estas zonas, 4 han evaluado al ecosistema matorral seco montano en la provincia de Loja, siendo estas, el Área de bosque y vegetación protectora (Abvp) “El Guabo”, “La Chorrera”, “Rumihuilco” y “Santa Rita”.

El estado actual de conservación del matorral seco montano del valle del río Chota fue de 41,10%, mientras que los del Abvp “El Guabo”, “La Chorrera”, “Rumihuilco” y “Santa Rita” fue de 33,61%, 44,87%, 46,85% y 36,26%, respectivamente, con dichos valores comparten el mismo resultado al categorizar al ecosistema en un estado de conservación Regular, demostrando que estos ecosistemas se encuentran entre los más degradados, amenazados y menos conservados. También comparten como variables decisivas en el estado de

conservación la salud de la biodiversidad y el manejo del ecosistema. Aguirre y Geada (2017) mencionan que el bosque seco caracterizado por la presencia de *Eriotheca ruizii*, *Ipomoea pauciflora*, *Leucaena trichodes* y *Erythrina velutina*, se encuentran en buen estado de conservación (55,2%), pero con tendencia hacia regular.

4.2.2 Zonificación del estado actual de conservación del matorral seco montano

De acuerdo con la Tabla 18, del total estimado de la extensión territorial del matorral seco montano se determinó que el 47,19% equivalente a una superficie de 12.989,76 ha, presenta un estado actual de conservación Regular, es decir, que casi la mitad del ecosistema es influenciada de manera negativa por las actividades antrópicas vinculadas con las producciones agrícolas como los monocultivos, accesos viales, presión minera, entre otras; el 17,31% que representa 4.765,30 ha, manifiestan un estado de conservación Malo, indicando que estas áreas se encuentran en proceso de degradación asociado a malas prácticas ambientales, el conjunto de estas dos categorías brinda un estimado de 64,50% que se traduce en un total de 17.755,06 ha que estaría en transición de cambio o perdiendo la composición original de su cobertura.

Tabla 18. Estimación del estado actual de conservación del matorral seco montano

Estado actual de conservación	Área (ha)	Área (%)
Muy Bueno	1.853,08	6,73
Bueno	7.917,82	28,76
Regular	12.989,76	47,19
Malo	4.765,30	17,31
Total	27.525,96	100

Del 35,50% restante un 28,76% que equivale a 7.917,82 ha indica que el ecosistema se encuentra en un estado de conservación Bueno; el 6,73% faltante que representa 1.853,08 ha se halla en un estado de conservación Muy Bueno, este conjunto indica que existen zonas donde la presencia humana aún no ha intervenido, debido a que

se encuentran en zonas muy escarpadas o de difícil acceso como se visualiza en la Figura 10.

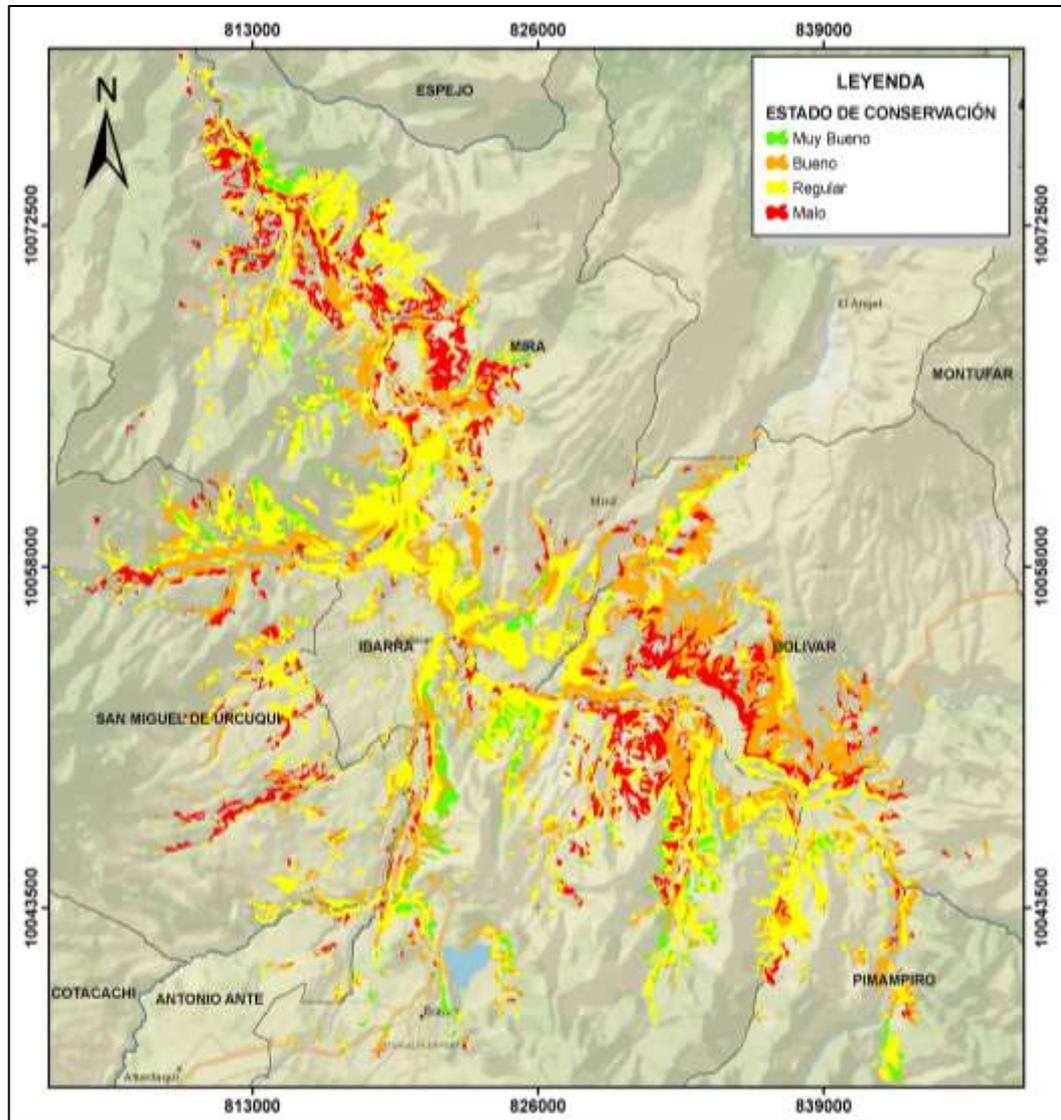


Figura 10. Mapa del estado actual de conservación del matorral seco montano

El matorral seco montano es de gran importancia por diversos aspectos como la biodiversidad que alberga, los recursos que cuenta y los servicios ecosistémicos que brinda, además de que globalmente se ha perdido gran porcentaje de su extensión original, en el valle del río Chota enfrenta cada vez más amenazas por las perturbaciones antrópicas relacionadas a su desarrollo. Shrestha et al. (2021) indican en su investigación científica que los ecosistemas para la conservación se priorizan en función del nivel de amenaza que pueden ser evaluadas con los sistemas de información geográfica, además coincide con los resultados al

determinar que las principales amenazas para los ecosistemas y su biodiversidad son la expansión agrícola como se aprecia en la Fotografía 8 – Anexo I, esto viene ligado al uso de agroquímicos como se observa en la Fotografía 9 – Anexo I para la producción de monocultivos principalmente de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y café (*Coffea arabica*) como se muestran en las Fotografía 10 y 11 – Anexo I, que ejercen fuerte presión en el matorral seco montano provocando alteraciones en procesos ecológicos esenciales como la producción primaria y la descomposición, entre otros, que son esenciales en la regulación climática local, Janzen, (1986) y Houghton et al. (1991) muestran total acuerdo al mencionar que los bosques secos presentan como su mayor amenaza la rápida conversión en tierras agrícolas y ranchos ganaderos; contaminación por desechos sólidos arrojados por la comunidad como se ilustra en las Fotografías 6 y 7 – Anexo I; otra amenaza latente es la presencia de la minería como se ve en la Fotografía 12 – Anexo I que conduce a la degradación ambiental irreversible.

Bürgi et al. (2014) mencionan las causas subyacentes que impulsan el cambio cobertura y uso del suelo funcionan a diferente escala e inciden en una o más causas cercanas como los factores políticos, socioeconómicos, culturales, tecnológicos y naturales. En el matorral seco montano se ha encontrado como variables socioeconómicas los accesos y distancias a carreteras, como se ilustra en la Fotografía 13 – Anexo I, causando fragmentación en el ecosistema; las áreas rurales y centros urbanos, como se aprecia en la Fotografía 14 – Anexo I que se encuentran próximos al ecosistema; la extracción de los recursos maderables, como se visualiza en la Fotografía 15 – Anexo I, donde no se aplique un uso sustentable puede llevar al agotamiento de estos; los diversos usos de los recursos como la elaboración del carbón para posterior comercio como se muestra en las Fotografías 16 y 17 – Anexo I, todo en conjunto puede llevar al deterioro ambiental del matorral seco montano en el valle del río Chota.

4.3 Estrategias enfocadas en la conservación y restauración del matorral seco montano

Las estrategias de conservación y restauración están propuestas en base a la información determinada del área del matorral seco montano por medio de cartografía temática, identificación de factores antrópicos que inciden de forma negativa en el ecosistema, los resultados del análisis de la viabilidad de los objetos de conservación que se visualiza en la Tabla 21 y los principios para la restauración del hábitat que se mostró en la Tabla 10.

4.3.1 Análisis valorativo de los objetos de conservación

Los objetos de conservación son una herramienta útil para contribuir en la gestión y manejo de una determinada área de gran importancia ecológica, dando valor a diferentes elementos como especies, comunidades, ecosistemas que pueden hallarse dentro de este (Granizo et al., 2006). En el valle del río Chota se identificaron 3 objetos de conservación, los cuales se detallan en la Tabla 19.

Tabla 19. Determinación de los objetos de conservación

Filtro grueso	Filtro fino	Descripción
Prácticas productivas	<ul style="list-style-type: none"> - Conocimientos y tradiciones locales - Métodos característicos - Técnicas de siembra y cosecha 	Las prácticas productivas presentan su valor al contribuir en la conservación y uso sustentable del recurso suelo, mediante la preparación de la tierra, manejo de herramientas convencionales y la aplicación de métodos de control de plagas que no sean nocivos, evitando implementar maquinaria agrícola y el uso de agroquímicos.
Matorral seco montano	<p>Flora representativa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Vachellia macracantha</i> - <i>Croton elegans</i> - <i>Opuntia tunicata</i> - <i>Opuntia soederstromiana</i> <p>Fauna (Órdenes):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Carnivora - Chiroptera - Lagomorpha - Paseriformes - Rodentia - Squamatas 	Ecosistema de gran importancia para todos los seres biológicos, al ser el hábitat de numerosas especies amenazadas y generar diversos servicios ecosistémicos que benefician al ser humano. Presenta diferentes características como la flora resistente a las sequías que renuevan al matorral seco montano, evitando que el recurso suelo quede descubierto y por consiguiente ocurra la erosión, con esto se da una reducción de sedimentos arrastrados por las precipitaciones hacia los cuerpos hídricos, también disminuye de la temperatura del recurso suelo y sirve como una barrera natural contra las crecidas de los ríos.

- Cuenca del río Chota
- Ecosistemas
 - Servicios ecosistémicos
 - Fuentes del recurso hídrico

Las cuencas hidrográficas es el principal componente para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), visto que a partir de estas se lleva a cabo la planificación y gestión descentralizada del patrimonio hídrico, cuyos objetivos primordiales son el desarrollo y administración del agua, y la protección y recuperación de cuencas (Martínez y Villalejo, 2018).

Su relevancia se ve reflejado en el art. 411 de la Constitución del Ecuador (2008), donde se estipula que el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos estrechamente vinculados al ciclo hidrológico, de igual manera regulará toda actividad que afecté a la calidad y cantidad del recurso hídrico, y el equilibrio de los ecosistemas esencialmente en fuentes y zonas de recarga.

Para la determinación de la viabilidad de los objetos de conservación se tomaron en cuenta factores ecológicos clave como el tamaño que indica la abundancia del elemento dentro del área de estudio; la condición muestra la composición, estructura o interacción biológica; el contexto paisajístico muestra la conectividad e influencia de los objetos.

Tabla 20. Calificación de los atributos claves de los objetos de conservación

PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS						
Categoría	Atributos clave	Indicadores	Calificaciones del indicador			
			Pobre	Regular	Bueno	Muy bueno
Tamaño	Cantidad de prácticas productivas	Diversidad de prácticas productivas	<3 prácticas	3-5 prácticas	6-9 prácticas	>10 prácticas
Condición	Densidad poblacional que conservan las prácticas	Porcentaje de la población que conserva las prácticas	<25% de la población	26-50% de la población	51-75% de la población	>76% de la población
Contexto paisajístico	Conservación del paisaje circundante	Nº de predios permanentes o temporales	>20 predios	10-20 predios	Menos de 10 predios	No hay predios nuevos

MATORRAL SECO MONTANO						
Tamaño	Cobertura vegetal	Superficie del ecosistema	<20.000 ha	20.001-26.500 ha	26.501-33.000 ha	>33.001 ha
Condición	Condición natural	Grado de intervención antrópica	Muy alta	Alta	Media	Baja
Contexto paisajístico	Conectividad del ecosistema	Proximidad media de parches	<10	10,01-55	55,01-100	>100,01
CUENCA DEL RÍO CHOTA						
Tamaño	Cantidad del recurso hídrico	Caudal medio anual m ³ /s	<25 m ³ /s	25,01-35 m ³ /s	35,01-45 m ³ /s	>45,01 m³/s
Condición	Calidad del agua	Nivel de pH	Ácido	Ligeramente ácido	Alcalino	Neutro
Contexto paisajístico	Cobertura vegetal ribereña	Porcentaje de la flora en las riberas	0-25% cobertura /km ²	26-50% cobertura /km ²	51-75% cobertura /km²	>76% cobertura /km ²

En la Tabla 20 se muestran cada uno de los atributos ecológicos claves perteneciente a los tres objetos de conservación con sus respectivos indicadores y valores en relación con el área de estudio, los cuales son el desglose del resultado global que se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21. Viabilidad de los objetos de conservación

Objetos focales de manejo	Tamaño	Condición	Contexto paisajístico	Valor global de viabilidad	Ponderación
Prácticas productivas	2,5 (Regular)	2,5 (Regular)	3,5 (Bueno)	8,5	2,8 (Bueno)
Matorral seco montano	3,5 (Bueno)	1 (Pobre)	2,5 (Regular)	7	2,3 (Pobre)
Cuenca del río Chota	4 (Muy bueno)	4 (Muy bueno)	3,5 (Bueno)	11,5	3,8 (Bueno)
Calificación global de los focales				27	3 (Bueno)

Nota: En los promedios van los umbrales en Pobre (desde 0,95), Regular (desde 1,745), Bueno (desde 2,995) y Muy Bueno (desde 3,745)

Los objetos de conservación calificados en base a las categorías de tamaño, condición y contexto paisajístico brindaron como resultado un valor global de 3 indicando que la viabilidad es **Buena** como se aprecia en la Tabla 21, manifestando que los objetos de conservación del valle del río Chota se hallan en un proceso de deterioro, sin embargo, las diversas problemáticas que lo han causado pueden ser mitigadas con acciones oportunas derivadas del compromiso y participación de los actores involucrados, sobre todo en el ecosistema matorral seco montano que está gravemente afectado por la pérdida de su cobertura vegetal. Todos estos objetos focales influyen directamente en el funcionamiento del socioecosistema, flujo de servicios ecosistémicos y bienestar de cada ser vivo presente.

Tabla 22. Clasificación de los objetos de conservación y sus amenazas

AMENAZAS	Prácticas productivas	Matorral seco montano	Cuenca del río Chota
Desechos sólidos	2,5 Media	3,5 Alto	3,5 Alto
Expansión de la frontera agrícola		4 Muy alto	4 Muy alto
Monocultivos	3,5 Alto	3,5 Alto	3,5 Alto
Minería		4 Muy alto	4 Muy alto
Asentamientos humanos y accesos viales		3,5 Alto	3,5 Alto
Extracción de recursos		3,5 Alto	4 Muy alto
Estado de amenaza para los de objetos de conservación	3 Alto	3,7 Muy alto	3,8 Muy alto

De acuerdo con la Tabla 22 el grado de amenazas provenientes de las diversas actividades antrópicas en los objetos de conservación es Muy alto tanto para la cuenca del río Chota como para el ecosistema matorral seco montano con puntajes de 3,8 y 3,7 respectivamente, mientras que las prácticas productivas presentan un valor de 3 indicando que es Alto. Poniéndose en evidencia que las amenazas antrópicas indican de forma perjudicial en la degradación de los objetos focales.

Con base en la información determinada se han desarrollado 3 estrategias que garanticen solución ante las diferentes problemáticas que acontece el matorral seco montano en el valle del río Chota.

4.3.2 Buenas prácticas agroecológicas

Las prácticas agroecológicas surgen como una estrategia para detener y mitigar los impactos originados por la agricultura moderna, que se caracteriza por un uso inapropiado del recurso tierra y métodos nocivos. Consiste en un conjunto de normas, principios y recomendaciones, que se llevan a cabo en las diferentes fases de producción agrícola para garantizar un buen manejo ecológico.

Justificación: La agroecología es considerada tanto una ciencia como un conjunto de prácticas, una respuesta frente a las discusiones en materia de agricultura y desarrollo, por ende, se manifiesta como la alternativa ideal para congeniar los anhelos humanos con respecto a sus necesidades y la conservación del ambiente. La idea fundamental de esta estrategia no es solo las prácticas alternativas, sino desarrollar agroecosistemas que no dependan de agroquímicos e insumos de energía y como ciencia tomar un rol principal en el desarrollo de futuras políticas de producción, por su potencial para abordar problemas sociales y ambientales, dando solución a las problemáticas locales y aportando para mitigar otros como el cambio climático, pérdida de biodiversidad edáfica, reducción de la pobreza, entre otros.

Objetivo general: Implementar prácticas agroecológicas en los predios y áreas cultivadas en el valle del río Chota

Objetivos específicos:

- Establecer prácticas agroecológicas oportunas para mitigar los impactos ambientales que afectan a los ecosistemas adyacentes a los predios.
- Regular el desarrollo de las prácticas productivas para conservar los recursos naturales y mantener los niveles continuos de producción.

Tabla 23. Buenas prácticas agroecológicas

Objetivos específicos	Actividades	Alcance	Responsables
<p>Establecer prácticas agroecológicas oportunas para mitigar los impactos ambientales que afectan a los ecosistemas adyacentes a los predios</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Llevar a cabo mediante técnicas de investigación (entrevistas, encuestas, observación, entre otros) la recopilación de información de los locales sobre el conocimiento y preferencia de sus prácticas productivas. - Implementar las prácticas oportunas al sitio: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Rehabilitación de tierras de cultivo degradadas ✓ Adición de actividad biológica para mantener y mejorar la fertilidad del suelo ✓ Cultivos de ciclo corto ✓ Cultivos asociados ✓ Sistemas agrosilvopastoriles con especies nativas ✓ Reposición forestal ✓ Zonas destinadas al aprovechamiento de los recursos maderables ✓ Tecnologías limpias y eficientes para el uso del recurso hídrico y energía - Realizar reuniones con diferentes actores sociales para optar por la mejor práctica o combinación de estas. 	<p>La implementación de esta estrategia favorece la restauración y conservación de la estructura, funcionalidad y procesos ecológicos de los diversos ecosistemas, en especial la del matorral seco montano del valle del río Chota y a su vez mitiga impactos sobre los recursos aire, agua y suelo.</p>	<p>Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGAP), GADs cantonales y parroquiales, agricultores y locales interesados.</p>
<p>Regular el desarrollo de las prácticas productivas para conservar los recursos naturales y mantener los niveles continuos de producción</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar la expansión agrícola mediante la delimitación de zonas de cultivos y pastizales. - Capacitación referente al manejo integral de los sistemas agrícolas y producción de biofertilizantes y abonos verdes. - Sostener una gran cantidad de especies y diversidad genética, una estructura agrícola compleja que facilite diferentes servicios ecológicos y aumente la resiliencia del agroecosistema. - Intercambio de información entre productores para saber experiencias exitosas. - Seguimiento y monitoreo. 		

4.3.3 Gestión ambiental integral

La gestión ambiental integral nace ante el distanciamiento de las responsabilidades humanas sobre el cuidado del planeta, ignorando los límites al explotar los recursos naturales, pasando por alto las normas y leyes, enfatizando solo en el ámbito económico y social, reflejándose en la actualidad impactos ambientales en diferentes escalas (local – global). Por la complejidad y en vista que aborda diversos apartados, se integra de un grupo interinstitucional, que además de programas y proyectos técnicos, requiere la participación ciudadana con compromisos éticos y políticos.

Justificación: La gestión ambiental integral se enfoca en incentivar iniciativas, prácticas ambientales, entre otros, de acuerdo con la disponibilidad de recursos tecnológicos y económicos, para prevenir la contaminación y uso irracional de los recursos naturales, que se cumpla la normativa ambiental vigente, se genere y fortalezca una cultura ambiental en los grupos involucrados y propicien su participación, de tal manera que exista una mejora continua del desempeño ambiental y se elija las mejores acciones frente a las distintas problemáticas. La finalidad de realizar un manejo integral implica no solo la sustentabilidad en el uso de los recursos naturales, sino también la preservación de las funciones biológicas de los diferentes objetos de conservación, al contemplar los aspectos económicos, sociales y ambientales.

Objetivo general: Promover la conservación y uso sustentable de los recursos naturales del valle del río Chota desde un enfoque holístico

Objetivos específicos:

- Fomentar una gestión integral de los recursos hídricos (GIRH) de la cuenca hidrográfica del río Chota.
- Desarrollar programas ambientales que garanticen un desarrollo sustentable en el matorral seco montano.

Tabla 24. Gestión ambiental integral

Objetivos específicos	Actividades	Alcance	Responsables
Fomentar una gestión integral de los recursos hídricos (GIRH) de la cuenca hidrográfica del río Chota	<ul style="list-style-type: none"> - Participación interinstitucional ambiental que garantice la sustentabilidad en el manejo de los recursos naturales, mejore la calidad de vida de la sociedad, fortalezca los procesos participativos y toma de decisiones para la gestión de la cuenca hidrográfica. - Gestión de cuencas, importante debido a que es la unidad básica para una GIRH, permitiendo una mayor coordinación referente al desarrollo y gestión del agua, tierra y demás recursos pertenecientes a los límites de la cuenca. - Cosechar y aprovechar el agua de lluvia con técnicas como microcaptación, macrocaptación, captación de los techos y estructuras impermeables. - Garantizar el acceso equitativo del recurso hídrico en cantidad y calidad para la producción de bienes y servicios (Seguridad hídrica). - Evaluación y monitoreo de la calidad del agua. 	<p>Restaurar y preservar los distintos objetos de conservación, mediante un manejo integral sustentable de los recursos naturales, fortaleciendo el compromiso de las diferentes entidades y la sociedad.</p>	<p>Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, Autoridad Única del Agua, GADs provinciales de Imbabura y Carchi, cantonales y parroquiales, comunidad.</p>
Desarrollar programas ambientales que garanticen un desarrollo sustentable en el matorral seco montano	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño de corredores biológicos para mantener conectividad entre los parches del ecosistema, asegurando la biodiversidad y procesos ecológicos mediante el intercambio genético y la dispersión de especies y semillas. - Propiciar resiliencia en el matorral seco montano a través del apoyo en la salud y función de sus hábitats, así como sus procesos ecosistémicos. - Sistema de recolección de desechos sólidos, que parte desde el hogar con su separación en las categorías materia orgánica, reciclable y no reciclable. - Evaluación de impactos ambientales de las mineras y fortalecimiento de su plan de prevención y mitigación. - Declarar al matorral seco montano como un área protegida, incorporándolo al Subsistema de Áreas Protegidas de Gobiernos Autónomos Descentralizados del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, siguiendo el procedimiento establecido en el Acuerdo Ministerial 083. - Seguimiento y monitoreo. 		

4.3.4 Educación ambiental

La educación ambiental se manifiesta como una herramienta crucial para que la sociedad adquiera conciencia de la importancia de conservar su entorno y puedan realizar cambios en sus estilos de vida, conducta y valores, se imparte hacia todos los sectores con un enfoque oportuno a estos y empleando diferentes recursos didácticos. Como estrategia permite contextualizar las problemáticas ambientales como aspectos claves para direccionarse hacia un desarrollo sustentable.

Justificación: La educación ambiental juega un papel importante para llegar a un cambio de actitud y aptitud de la sociedad respecto al cuidado y manejo racional de los recursos naturales, también en la difusión de diversos instrumentos de planificación y políticas públicas, apertura de espacios de dialogo y debate, generación de niveles altos de concientización referente al patrimonio natural y cultural por parte de los involucrados, en la academia al entrar en los ciclos de formación para cambiar concepciones y preconceptos erróneos, de esta manera construye los tejidos sociales para formar una buena relación hombre-naturaleza. Además, está estrechamente vinculado al principio de sustentabilidad “Prevención” ya que respalda la adopción de medidas protectoras.

Objetivo general: Generar sensibilización ambiental que estimule la comprensión compleja del funcionamiento e importancia del matorral seco montano en el valle del río Chota

Objetivos específicos:

- Promover la concienciación ante situaciones socioambientales, mejorando la capacidad de plantearse problemas, debatirlos y difundirlos con sus respectivas propuestas de solución.
- Evaluar la información difundida en la población beneficiada de los diversos procesos de capacitación.

Tabla 25. Educación ambiental

Objetivos específicos	Actividades	Alcance	Responsables
<p>Promover la concienciación ante situaciones socioambientales, mejorando la capacidad de plantearse problemas, debatirlos y difundirlos con sus respectivas propuestas de solución</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Formación del personal técnico y capacitado para encargarse de las diversas temáticas a tratar, como la legislación ambiental, aspectos ambientales, identificación de impactos, entre otros. - Adquisición de equipos y elaboración de materiales a ocuparse en los diferentes sectores sociales. - Talleres y seminarios para el manejo sustentable de los recursos naturales, de los desechos sólidos, con la finalidad de promover el conocimiento, habilidad para solucionar problemas, investigación y evaluación de situaciones. - Inculcar en las personas el análisis de los conflictos socioambientales, debate de alternativas y toma de decisiones para su resolución. - Promulgar los impactos ambientales que alteran los procesos ecológicos en el matorral seco montano en el ámbito local. - Participación activa en la primera infancia y adolescencia para contribuir en la conservación de diferentes especies de flora y fauna. 	<p>Capacitar a todas las comunidades del valle del río Chota en materia ambiental y difundir la información de aspectos relevantes referente al matorral seco montano, con la finalidad de fomentar una cultura ambiental sustentable.</p>	<p>Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, Ministerio de Educación, GADs provinciales de Imbabura y Carchi, cantonales y parroquiales, comunidad, academia.</p>
<p>Evaluar la información difundida en la población beneficiada de los diversos procesos de capacitación</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de un programa y metodología de evaluación respecto a los conocimientos impartidos. - Realizar evaluaciones in situ, en áreas donde se aprecia la intervención antrópica y sus respectivos impactos. - Estructurar mesas de diálogo para analizar los resultados de las evaluaciones y centrar esfuerzos en fortalecer los temas complejos y que sean incomprensibles. 		

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La composición y estructura del matorral seco montano en el valle del río Chota cambiaron drásticamente en los últimos 30 años, en este intervalo de tiempo las tasas de variación mostraron una disminución de la cobertura vegetal y cambio de uso de suelo del ecosistema en un 20%, que se traduce en una reducción de 6.954,85 ha, presentando una tendencia alta de pérdida con un promedio anual de 231,83 ha/año (-0,74%), a causa de diversas actividades antrópicas, mismas que de acuerdo con la matriz de transición de cambios han sido las responsables de la intervención o reemplazo del matorral seco montano en un 4,95% (20.430,48 ha) del 8,34% (34.480,81 ha) del área que ocupa el ecosistema en el valle del río Chota, siendo la expansión de la frontera agrícola el principal promotor de la transición de estos cambios en la cobertura con un 3,96% que representa 16.345,72 ha.
- Los factores antrópicos que inciden de manera perjudicial en el matorral seco montano fueron principalmente la expansión de la frontera agrícola con la producción de monocultivos, la contaminación por desechos sólidos arrojados por las comunidades aledañas; la presencia de la minería que conduce a la degradación ambiental; los accesos y distancias a carreteras, áreas rurales y centros urbanos han causado fragmentación en el ecosistema; la extracción de los recursos maderables, donde no se ha apreciado un uso sustentable que puede llevar al agotamiento de estos. Estas actividades han influenciado negativamente en las variables salud de la biodiversidad; manejo del ecosistema que se deriva en una baja preocupación por la conservación y protección de sus recursos; la problemática ambiental latente dentro y adyacente al ecosistema, manifestando que el estado actual de conservación del matorral seco montano del valle del río Chota se halla regular.

- Las estrategias planteadas para frenar el deterioro ambiental y garantizar un desarrollo sustentable acode a los objetos de conservación del valle del río Chota fueron el desarrollo de buenas prácticas agroecológicas, siendo la actividad más relevante su implementación de acuerdo a las necesidades del área; la gestión ambiental integral con una participación interinstitucional debe gestionar las cuencas y priorizar la declaración del matorral seco montano como un área protegida; la educación ambiental con un enfoque particular para cada grupo social presente en el valle.

5.2 Recomendaciones

- Al desarrollar estudios de variación espacio temporal se recomienda aplicar el método de clasificación supervisada, visto que es el más preciso por los criterios de máxima verosimilitud que presenta, como se demuestra en el presente trabajo de investigación y se respalda por diversos autores. Para una mayor garantía es ideal adquirir imágenes satelitales con una resolución de 30 x 30m o menos y que tengan un porcentaje de nubes menor o igual al 10%, con el fin de obtener resultados fiables.
- Llevar a cabo más estudios en el ecosistema matorral seco montano para que las personas comprendan que su importancia ecológica es igual que la de los bosques lluviosos y cambien la perspectiva de que a pesar de que parecen inertes están llenos de vida. Uno que integre factores económicos, sociales y culturales con los procesos ecológicos, podría ser la valoración económica de los servicios ecosistémicos del matorral seco montano para conocer la disposición a pagar (DAP) de los actores interesados por la conservación del ecosistema.
- La presente investigación pone en evidencia las principales problemáticas ambientales en el valle del río Chota, que pueden ser mitigadas con la participación de la comunidad y la gestión interinstitucional, impulsando desde el ámbito de sus competencias el desarrollo de las estrategias propuestas para conseguir a largo plazo la restauración y conservación del matorral seco montano.

REFERENCIAS

- Abbas, H., y Reza, M. (2020). Introducing a Farmer-Assisted Biomass Estimation (FABE) model using satellite images. *Advances in Space Research*, 1-50.
- Abou, F., y Kelany, M. (2020). Using shape extraction to enhance classification of Landsat satellite images to visualize vegetation. *Journal of Agricultural Informatics*, vol. 11, núm. 1, 1-12.
- Aguirre, Z. (2012). Las especies forestales de los bosques secos del Ecuador: Guía dendrológica para su identificación y caracterización. Proyecto Manejo Forestal Sostenible, MAE/FAO. 1-140.
- Aguirre, Z., y Geadá, G. (2017). Estado de conservación de los bosques secos de la provincia de Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, vol. 24, núm. 1, 207-228.
- Aguirre, Z., Kvist, L., y Sánchez, O. (2006). Bosques secos en Ecuador y su diversidad. *Universidad Mayor de San Andrés, La Paz*, 162-187.
- Alam, A., Bhat, S., y Maheen, M. (2019). Using Landsat satellite data for assessing the land use and land cover change in Kashmir valley. *GeoJournal*, 1-15.
- Allison, R., Johnston, J., Craig, G., y Jennings, S. (2016). Airborne optical and thermal remote sensing for wildfire detection and monitoring. *Sensors*, vol. 16, núm. 8, 1-29.
- Alvarado, D., y Otero, J. (2017). Áreas naturales de bosque seco tropical en el Valle del Cauca, Colombia: una oportunidad para la restauración. *Biota Colombiana*, vol. 18, núm. 1, 9-34.
- Andrade, G., y Castro, L. (2012). Degradación, pérdida y transformación de la biodiversidad continental en Colombia, invitación a una interpretación socioecológica. *Ambiente y Desarrollo XVI*, vol. 30, 53-71.
- Andrade, M. (2014). *Efecto de la fragmentación del bosque seco tropical sobre la distribución potencial de Megascops roboratus, en 1985 y 2011, mediante la aplicación de modelos ecológicos en la cuenca baja del río Guayas (Tesis de Postgrado)*. Universidad Central del Ecuador.
- Armenterasa, D., Espelta, J., Rodríguez, N., y Retana, J. (2017). Deforestation dynamics and drivers in different forest types in Latin America: Three decades of studies (1980–2010). *Global Environmental Change*, vol. 46, 139-147.

- Assad, H., Zahraa, H., Fatimah, H., y Faten, K. (2018). Classification of Satellite Images Based on Color Features Using Remote Sensing. *International Journal of Computer (IJC)*, vol. 31, núm 3, 42-52.
- Aucatoma, B. (2017). *Elaboración y caracterización de un material de referencia interno de suelos para los macro elementos p, k, ca y mg extraídos con olsen modificado para análisis en suelos cañeros del orden inceptisol, entisol y vertisol de la cuenca baja del río Guayas*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Báez, S., Salgado, S., Santiana, J., Cuesta, F., Aguirre, Z., y Carmen, U. (2010). *Propuesta Metodológica para la Representación Cartográfica de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina. Quito.
- Baquero, F., Sierra, R., Ordóñez, L., Espinosa, L., Rivera, M., y Soria, P. (2004). La vegetación de los Andes del Ecuador. Memoria explicativa de los mapas de vegetación: potencial y remanente a escala 1:250.000 y del modelamiento predictivo con especies indicadoras. *EcoCiencia/CESLA/Corporación EcoPar/MAG SIGAGRO/CDC - Jatun SachaIDivisión Geográfica - IGM*.
- Bazantes, F., y Flores, R. (2017). *Evaluación del estado de conservación de la flora del matorral seco montano en el valle del Chota (Tesis de Pregrado)*. Universidad Técnica del Norte.
- Bedón, F., y Pinto, S. (2012). *Evaluación de técnicas de detección de cambios del uso de la tierra a través del análisis multitemporal de imágenes satelitales en el cantón Daule*. Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador.
- Bella, C., Posse, G., Beget, M., Fischer, M., Mari, N., y Veron, S. (2008). La teledetección como herramienta para la prevención, seguimiento y evaluación de incendios e inundaciones . *Ecosistemas*, vol. 17, núm. 3, 39-52.
- Bertsch, F., Mata, R., y Henríquez, C. (1993). *Características de los principales órdenes de suelos presentes en Costa Rica*. Colegio de Ingenieros Agrónomos.

- Borja, P., Iñiguez, V., Crespo, P., Cisneros, P., y Cisneros, F. (2008). Características físico-químicas de histosoles y andosoles de los páramos de Quimsacocha, Ecuador. XI Congreso de la Ciencia del Suelo.
- Bravo, E. (2013). *Apuntes sobre la Biodiversidad del Ecuador*. Quito, Ecuador: Editorial Universitaria Abya-Yala.
- Bürgi, M., Hersperger, A., y Schneeberger, N. (2004). Driving Forces of Landscape change – current and new directions. *Landscape Ecology*, núm. 8, 857-868.
- Cabello, J., y Paruelo, J. (2008). La teledetección en estudios ecológicos . *Ecosistemas*, vol. 17, núm. 3, 1-3.
- Camacho, J., Pérez, J., Pineda, N., Cadena, E., Bravo, L., y Sánchez, M. (2015). Cambios de cobertura / uso del suelo en una porción de la zona de transición mexicana de montaña. *Madera y Bosques*, vol. 21, núm. 1, 93-112.
- Cantos, G., Sotolongo, R., Vítores, M., Cantos, A., y Rosete, S. (2015). Estrategias de conservación del bosque natural tropical de la comuna “El Pital” Manabí, Ecuador. *Revista cubana de ciencias forestales*, 1-16.
- Centro Informático de Geomática Ambiental; Herbario Reinaldo Espinoza; Carrera de Ingeniería Forestal UNL. (2006). Estado de conservación de áreas protegidas y bosques protectores de Loja - Zamora Chinchipe y perspectivas de intervención. 8-11.
- Cerda, J., y Villarroel, L. (2008). Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Revista Chilena de Pediatría*, vol. 79, núm 1, 54-58.
- Chingal, S., y Saldaña, J. (2017). *Estado de conservación de la avifauna diurna del valle interandino del Chota y diseño de estrategias de conservación (Tesis de Pregrado)*. Universidad Técnica del Norte.
- Chuvieco, E. (1991). Fundamentos de Teledetección Espacial. *Estudios Geográficos*, núm. 203 , 371-383.
- Chuvieco, E. (1998). El factor temporal en teledetección: Evolución fenomenológica y análisis de cambios. *Revista de Teledetección*, núm. 10, 1-9.
- Chuvieco, E. (2010). *Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio*. Barcelona, España: Editorial Ariel.

- Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización. (2015). Quito, Ecuador: Registro Oficial Suplemento No. 303, de 19 de octubre de 2010.
- Constitución Política de la República del Ecuador. (2008). Registro Oficial 449 de 20 de octubre de 2008. Reformas en Registro Oficial-Suplemento de 13 de julio de 2011.
- Corona, E., Galicia, L., Palacio, J., Bürgi, M., y Hersperger, A. (2016). Local deforestation patterns and driving forces in a tropical dry forest in two municipalities of southern Oaxaca, Mexico (1985-2006). *Investigaciones Geográficas, núm.91*, 86-104.
- De la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, P., Macía, M., y Balslev, H. (2008). *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador*. Quito y Aarhus: Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus.
- Dou, W., Ren, Y., Wu, Q., Ruan, S., Chen, Y., Bloyet, D., y Constans, J. (2007). Fuzzy kappa for the agreement measure of fuzzy classifications. *Neurocomputing, vol. 70, núm 4-6*, 726-734.
- Eguiguren, P., Aguirre, N., Maita, J., Coronel, V., Samaniego, N., Ojeda, T., y Aguirre-Mendoza, Z. (2015). *Vulnerabilidad al cambio climático en la Región Sur del Ecuador: Potenciales impactos en los ecosistemas, producción de biomasa y producción hídrica*. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja y Servicio Forestal de los Estados.
- Espinosa, C., Camarero, J., y Gusmán, A. (2018). Site-dependent growth responses to climate in two major tree species from tropical dry forests of southwest Ecuador. *Dendrochronologia, vol. 52*, 11-19.
- Espinosa, C., De la Cruz, M., Luzuriaga, A., y Escudero, A. (2012). Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación. *Revista Ecosistema, vol. 21*, 1-2.
- Gallardo, M., y Martínez, J. (2012). Cambios de usos del suelo en la Comunidad de Madrid: Analizando el pasado y simulando el futuro. XV Congreso

- Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, Madrid, AGE-CSIC.
- García, M., Parra, P., y Mena, V. (2014). El país de la biodiversidad: Ecuador. Fundación Botánica de los Andes, Ministerio del Ambiente y Fundación EcoFondo. Quito.
- García, S., Martínez, N., y Pardo, L. (2015). Escarabajos fitófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un fragmento de bosque seco tropical del departamento del Atlántico, Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, vol. 86, 754-763.
- González, A., Alvarez, P., Fuertes, M., y Aguirre, Z. (2016). Influencia de la cobertura vegetal en los coeficientes de escorrentía de la cuenca del río Catamayo, Ecuador. *Revista CEDAMAZ*, 50-59.
- Granizo, T., Molina, M., Secaira, E., Herrera, B., Benítez, S., Maldonado, Ó., . . . Castro, M. (2006). *Manual de Planificación para la Conservación de Áreas, PCA*. Quito: The Nature Conservancy y Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.
- Holdridge, L. (1967). *Life Zone Ecology*. Costa Rica: Tropical Science Center.
- Houghton, R., Lefkowitz, D., y Skole, D. (1991). Change in Landscape in Latin America between 1859 and 1985 I. Progressive lost of Forest. *Forest Ecology*, 143-172.
- Hrebei, M., y Sala, F. (2016). Classification of Land and Crops Based on Satellite Images Landsat 8: Case Study SD Timisoara. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture*, vol. 73, núm. 1, 1-12.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2013). Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM. Bogotá, Colombia.
- Instituto Geográfico Militar. (2013). Metodología utilizada para la generación de cartografía básica del Ecuador Territorial escala 1:5000. Quito, Ecuador.
- Janzen, D. (1986). Tropical Dry Forest: The Most Endangered Major Tropical Ecosystem. En Wilson, *Biodiversity*. National Academy Press, Washington DC.
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo (Tesis de Pregrado)*. Universidad Nacional de Colombia.

- Jumbo, C. (2018). *Evaluación de la efectividad de conservación de la zona de veda del bosque seco en la región sur del Ecuador, a través de sistemas de información geográfica (Tesis de Pregrado)*. Universidad Nacional de Loja.
- Lambin, E., Geist, H., y Lepers, E. (2003). Dynamics of land use and cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 28, 205-241.
- León, G., Pinedo, A., y Martínez, J. (2014). Aplicación de sensores remotos en el análisis de la fragmentación del paisaje en Cuchillas de la Zarca, México. *Investigaciones Geográficas*, núm. 84, 42-53.
- Li, M., Y, W., y Zhang, Q. (2009). Image segmentation based on mixture context and wavelet hidden - class - label Markov random field. *Computers and Mathematics with Applications*, vol. 57, núm. 6, 961-969.
- Linares, J., y Fandiño, M. (2009). Estado del Bosque Seco Tropical e Importancia Relativa de su Flora Leñosa, islas de la Vieja Providencia y Santa Catalina, Colombia, Caribe Suroccidental. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. 33, núm. 126, 5-15.
- Linares-Palomino, R. (2004). Los bosques tropicales estacionalmente secos: II. Fitogeografía y composición florística. *Arnoldia*, vol. 11, núm. 1, 103-138.
- López, P. (2011). *Plan de restauración del bosque seco tropical de la reserva natural de la sociedad civil Sanguaré (Sucre, Colombia) (Tesis de Pregrado)*. Universidad de Antioquia.
- López, S., Sandoval, M., Gerique, A., y Salazar, J. (2020). Landscape change in Southern Ecuador: An indicator-based and multitemporal evaluation of land use and land cover in a mixed-use protected area. *Ecological Indicators*, vol. 115, 1-14.
- Lozano, P. (2002). Los tipos de bosque en el sur de Ecuador. *Botánica Austroecuatoriana*. Abya Yala, Quito. 29-49.
- Madsen, J., Mix, R., y Balslev, H. (2001). Flora of Puná Island. Plant resources on a Neotropical island. Aarhus University Press, Aarhus.
- Martínez, Y., y Villalejo, V. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, vol. 39, núm. 1, 58-72.

- McNeely, J. (1990). How Conservation Strategies Contribute to Sustainable Development. *Environmental Conservation*, vol. 17, núm. 1, 9-13.
- Medina, J. (2011). *Detección de cambios de coberturas de uso del suelo a través de imágenes satelitales Landsat TM en la IX región, Chile (Tesis de Pregrado)*. Universidad Católica de Temuco.
- MIDUVI. (2015). Informe Nacional del Ecuador. Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible Habitat III. 1-110.
- Miles, A., Newton, R., DeFries, C., Ravilious, M., Blyth, K., y Gordon, K. (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, vol. 33 , 491-505.
- Millington, A., Velez-Liendo, X., y Bradley, A. (2003). Scale dependence in multitemporal mapping of forest fragmentation in Bolivia: implications for explaining temporal trends in landscape ecology and applications to biodiversity conservation. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 57, núm. 4, 289–299.
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2013). Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2017). Deforestación del Ecuador continental periodo 2014 - 2016. Quito - Ecuador.
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica; Ministerio de Agricultura, Ganadería, Apicultura y Pesca. (2015). Protocolo metodológico para elaboración del mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador Continental 2013-2014 escala 1:100000. Quito, Ecuador.
- Minu, N., y Bindhu, J. (2016). Supervised Techniques and Approaches for Satellite Image Classification. *International Journal of Computer Applications*, vol. 134, núm 16, 1-6.
- Moony, H., Bullock, S., y Medina, E. (1995). *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge University Press, Cambridge.

- Moreno, J. (1991). Discriminación y Clasificación. En S. Gandía, y J. Meliá, *Teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales: Agricultura* (págs. 241-275). Universitat de Valencia.
- Nené, A., González, G., Mendoza, M., y Silva, F. (2017). Cambio de cobertura y uso de suelo en cuencas tropicales costeras del Pacífico central mexicano. *Investigaciones Geográficas, núm. 94*, 64-81.
- Nguyen, T., Hoang, T., Pham, M., Vu, T., Huynh, Q., y Jo, J. (2020). Monitoring agriculture areas with satellite images and deep learning. *Applied Soft Computing, vol. 95*, 1-16.
- Oosterheld, M. (2008). Impacto de la agricultura sobre los ecosistemas: Fundamentos ecológicos y problemas más relevantes. *Ecología Austral, vol 12*, 337-346.
- Ordóñez, M. (2011). *Influencia del uso del suelo y la cobertura vegetal natural en la integridad ecológica de los ríos altoandinos al noreste del Ecuador (Tesis de Postgrado)*. Universidad San Francisco de Quito.
- Padilla, N., Alvarado, J., y Granda, J. (2018). Bienes y servicios ecosistémicos de los bosques secos de la provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero, vol. 8, núm. 2*, 118 -130.
- Pennington, R., Prado, D., y Pendry, C. (2000). Neotropical seasonally dry forests and quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography, vol. 27*, 261-273.
- Pérez, A., y Rosero, E. (2019). *Estado de fragmentación del matorral seco montano en la cuenca del río Chota (Tesis de Pregrado)*. Universidad Técnica del Norte.
- Pérez, C., y Muñoz, Á. (2006). *Teledetección Nociones y Aplicaciones*. España: Universidad de Salamanca.
- Ponce, C. (2017). *Análisis multitemporal de la cobertura vegetal del valle interandino del chota e identificación de zonas de restauración ecológica (Tesis de Pregrado)*. Universidad Técnica del Norte.
- Pontius, R., Shusas, E., y McEachern, M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems and Environment, núm. 101*, 251-268.

- Portillo, C., y Sanchez, G. (2010). Extent and Conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation*, vol. 143, 144–155.
- Portillo, C., y Vaughn, S. (2018). Emerging trends of tropical dry forests loss in North y Central America during 2001–2013: The role of contextual and underlying drivers. *Applied Geography*, vol. 94, 58-70.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (1992). Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). Río de Janeiro – Brasil.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (1994). Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD). París – Francia.
- Quijas, S., Romero, L., Trilleras, J., Conti, G., Kolb, M., Brignone, E., y Dellafiore, C. (2019). Linking biodiversity, ecosystem services, and beneficiaries of tropical dry forests of Latin America: Review and new perspectives. *Ecosystem Services*, vol. 36, 1-10.
- Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. (2019). Quito, Ecuador: Registro Oficial Suplemento 507.
- Riaño, O. (2002). Consideraciones y métodos para la detección de cambios emplando imágenes de satélite en el municipio de Paipa. *Colombia Forestal*, vol. 7, núm. 15, 41-65.
- Roa, J. (2007). Estimacion de áreas susceptibles a deslizamientos mediante datos e imágenes satelitales: cuenca del río Mocotíes, estado Mérida-Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana*, vol. 48, núm. 2, 183-219.
- Rocchini, D., Foody, G., Nagendra, H., Ricotta, C., Anand, M., He, K., y Feilhauer, H. (2014). Uncertainty in ecosystem mapping by remote sensing. *Computers and Geosciences*, vol. 50, 128-135.
- Rodríguez, B., Sánchez, J., y Villareal, D. (2015). Dinámica de los servicios ambientales de los bosques secos deciduos del Ecuador. *Dominio de las Ciencias*. vol. 1, 62-74.
- Romero, J., y Pérez, C. (2016). Rasgos morfológicos regenerativos en una comunidad de especies leñosas en un bosque seco tropical tumbesino. *Revista de Biología Tropical*, vol. 64, núm. 2:, 859-873.

- Rosero, M. (2017). *Análisis Multitemporal del Uso del Suelo y Cobertura Vegetal de la Cuenca del Río Tahuando y Proyección de Cambios al Año 2031, en el Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura (Tesis de Postgrado)*. Universidad Técnica del Norte.
- Sánchez, B. (2018). La teledetección en investigaciones ecológicas como apoyo a la conservación de la biodiversidad: una revisión. *Revista Científica*, vol. 33, núm 3, 243-253.
- Sánchez, P. (2012). *La Teledetección Enfocada a la Obtención de Mapas Digitales (Tesis de Pregrado)*. Universidad de Cuenca.
- Sathya, P., y Baby Deepa, V. (2017). Analysis of Supervised Image Classification Method for Satellite Images. *International Journal of Computer Science Research (IJCSR)*, vol. 5, núm. 2, 16-19.
- Secretaría Nacional de Planificación del Ecuador. (2017). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida, Quito Ecuador.
- Segura, R., y Trincado, G. (2003). Cartografía digital de la Reserva Nacional Valdivia a partir de imágenes satelitales Landsat TM. *Bosque*, vol. 24, núm. 2, 43-52.
- Seingier, G., Espejel, I., y Fermán, J. (2009). Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. *Investigación ambiental*, vol. 1, núm. 1, 54-69.
- Sekertekin, A. (2019). Validation of Physical Radiative Transfer Equation-Based Land Surface Temperature Using Landsat 8 Satellite Imagery and SURFRAD in-situ Measurements. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, vol. 196, 1-8.
- Shrestha, M., Piman, T., y Grünbühel, C. (2021). Prioritizing key biodiversity areas for conservation based on threats and ecosystem services using participatory and GIS-based modeling in Chindwin River Basin, Myanmar. *Ecosystem Services*, vol. 48.
- Sierra, R., Campos, F., y Chamberlin, J. (2002). Assessing biodiversity conservation priorities: ecosystem risk representatives in continental Ecuador. *Landscape and Urban Planning*, vol. 59, 95-110.

- Sierra, R., Cerón, C., Palacios, W., y Valencia, R. (1999). Criterios para la clasificación de la vegetación del Ecuador. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. 29–54.
- Society for Ecological Restoration. (2004). Principios de SER International sobre la restauración ecológica. *www.ser.org* y *Tucson: Society for Ecological Restoration*, 1-16.
- Tapia, M., Homeier, J., Espinosa, C., Leuschner, C., y De la Cruz, M. (2015). Deforestation and Forest Fragmentation in South Ecuador since the 1970s – Losing a Hotspot of Biodiversity. *PLoS One*, vol. 10, núm. 9, 1-18.
- Toro, N., Gomariz, F., Cánovas, F., y Alonso, F. (2015). Comparación de métodos de clasificación de imágenes de satélite en la cuenca del río Argos (Región de Murcia). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, vol. 67, 327-347.
- Troya, A., Bersosa, F., y Vega, M. (2012). Diversidad preliminar de artrópodos en los remanentes de bosques secos andinos del valle del Chota en el norte del Ecuador. *Revista Politécnica*, vol. 30, núm. 3, 120-135.
- Turner, M., Gardner, R., y O'Neill, R. (2001). *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. Springer Verlag, New York, United States.
- Ulloa, C. (2019). Ecuador Guías de plantas. XII Congreso Latinoamericano de Botánica.
- Valdez, R., González, M., y De los Santos, H. (2006). Estimación de cobertura arbórea mediante imágenes satelitales multiespectrales de alta resolución. *Agrociencia*, vol. 40, núm. 3, 383-394.
- Valencia, R., Cerón, C., Palacios, W., y Sierra, R. (1999). Las formaciones naturales de la Sierra del Ecuador. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. 79-108.
- Varela, A., y Ron, S. (2020). *Geografía y Clima del Ecuador*. BIOWEB. <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/GeografiaClima/>
- Vargas, D., y Campos, C. (2018). Sistema multi-algoritmo para la clasificación de coberturas de la tierra en el bosque seco tropical del Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, vol. 31, núm.1, 58-69.

- Vargas, O., Díaz, J., Reyes, S., y Gómez, P. (2007). *Guía Metodológica para la Restauración Ecológica del Bosque Altoandino*. Grupo de Restauración Ecológica Universidad Nacional de Colombia.
- Venegas, P. (2005). Herpetofauna del Bosque Seco Ecuatorial de Perú: Taxonomía, ecología y Biogeografía. *Zonas Áridas*, núm. 9, 9-24.
- Zhao, F., Wu, X., y Wang, S. (2020). Object-oriented Vegetation Classification Method based on UAV and Satellite Image Fusion. *Procedia Computer Science*, vol. 174, 609-615.
- Zorogastúa, P., Quiroz, R., y Garatuza, J. (2011). Evaluación de cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satélites en Piura - Perú. *Ecología Aplicada*, vol. 10, núm. 1, 13-22.

ANEXOS I: REGISTRO FOTOGRAFÍCO

➤ Vista general del área de estudio y toma de datos



Fotografía 1. Vista de referencia del valle del río Chota



Fotografía 2. Calibración del navegador GPS por el director



Fotografía 3. Georreferenciación del matorral seco montano del Chota (centro)



Fotografía 4. Georreferenciación del ecosistema en la zona adyacente del Chota



Fotografía 5. Evaluación del estado actual del matorral seco montano

➤ Incidencia Antrópica



Fotografía 6. Desechos sólidos en el zona central del ecosistema del valle Chota



Fotografía 7. Desechos sólidos en el zona noroeste del ecosistema del valle Chota



Fotografía 8. Expansión agrícola hacia la cobertura del matorral seco montano



Fotografía 9. Uso de agroquímicos en monocultivos abyacente al ecosistema



Fotografía 10. Monocultivos de caña de azucar (*Saccharum officinarum*)



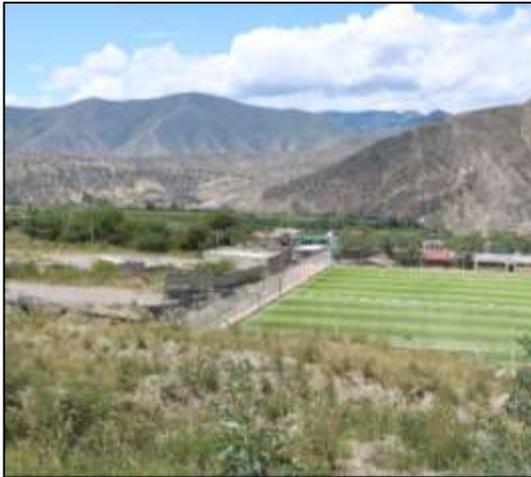
Fotografía 11. Monocultivos de café (*Coffea arabica*)



Fotografía 12. Presencia de la minería en el ecosistema



Fotografía 13. Fragmentación del ecosistema por el acceso vial



Fotografía 14. Asentamientos humanos en zonas cercanas al ecosistema



Fotografía 15. Extracción del recurso maderable del ecosistema



Fotografía 16. Elaboración de carbón con recursos maderables del ecosistema



Fotografía 17. Comercio del carbón en el valle del río Chota

➤ Flora característica del matorral seco montano



Fotografía 18. Diversidad vegetal del matorral seco montano en el valle del río Chota



Fotografía 19. *Vachellia macracantha*



Fotografía 20. *Croton elegans*



Fotografía 21. *Opuntia tunicata*



Fotografía 22. *Opuntia soederstromiana*



Fotografía 23. *Schinus molle*



Fotografía 24. *Caesalpinia spinosa*

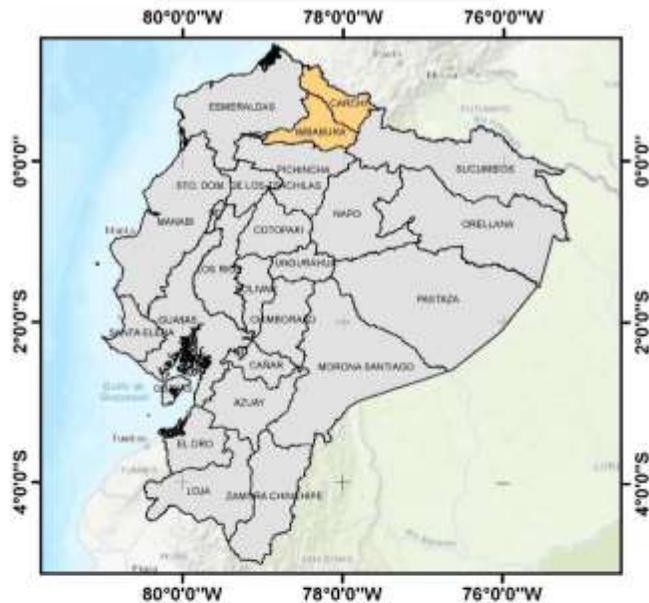


Fotografía 25. *Ricinus communis*

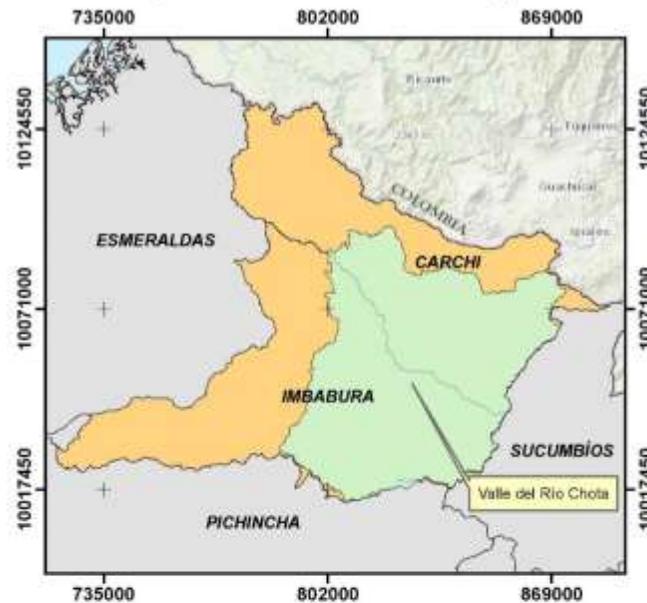
ANEXOS II: MAPAS TEMÁTICOS

MAPA DE UBICACIÓN DEL VALLE DEL RÍO CHOTA

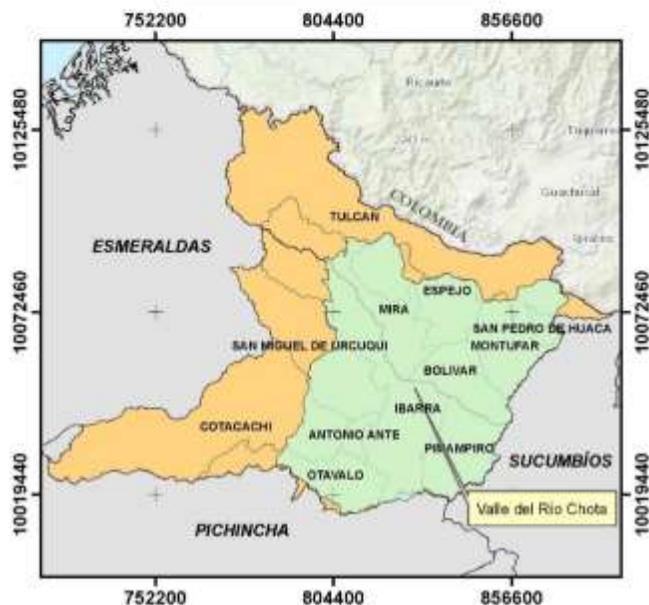
Ubicación Nacional



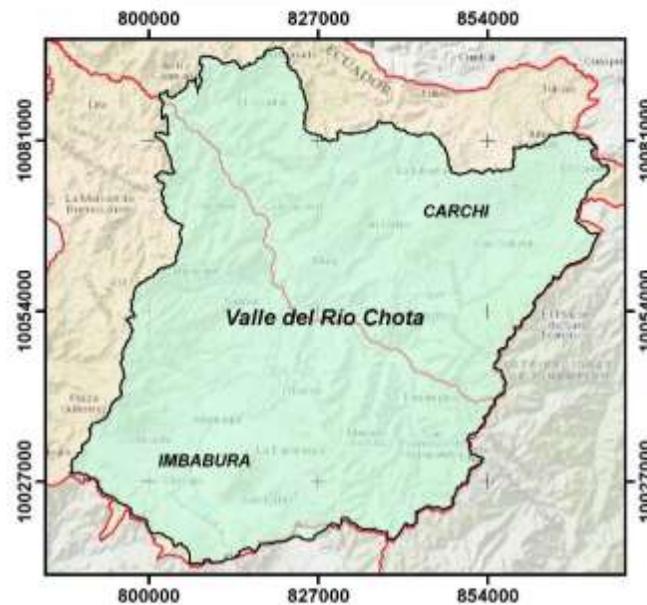
Ubicación Provincial



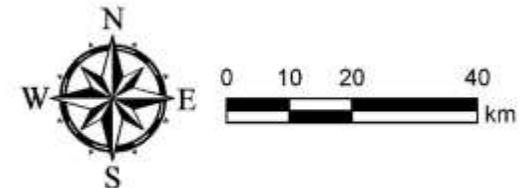
Ubicación Cantonal



Ubicación Local



VISTA REFENTE AL ÁREA DE ESTUDIO



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM) DATUM WGS 1984, ZONA 17 SUR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO EN EL VALLE DEL RÍO CHOTA

ELABORADO POR:
Bryan Vilema

FECHA:
01/11/2020

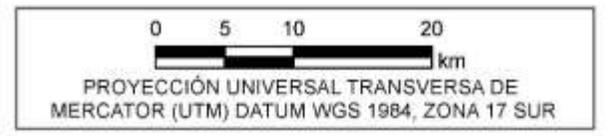
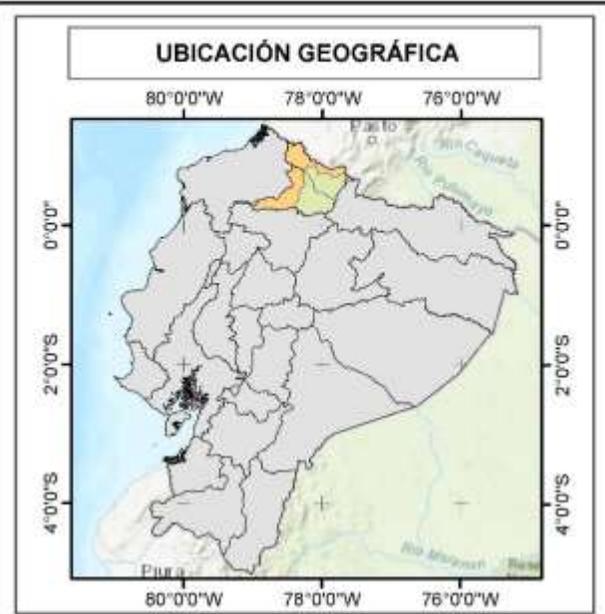
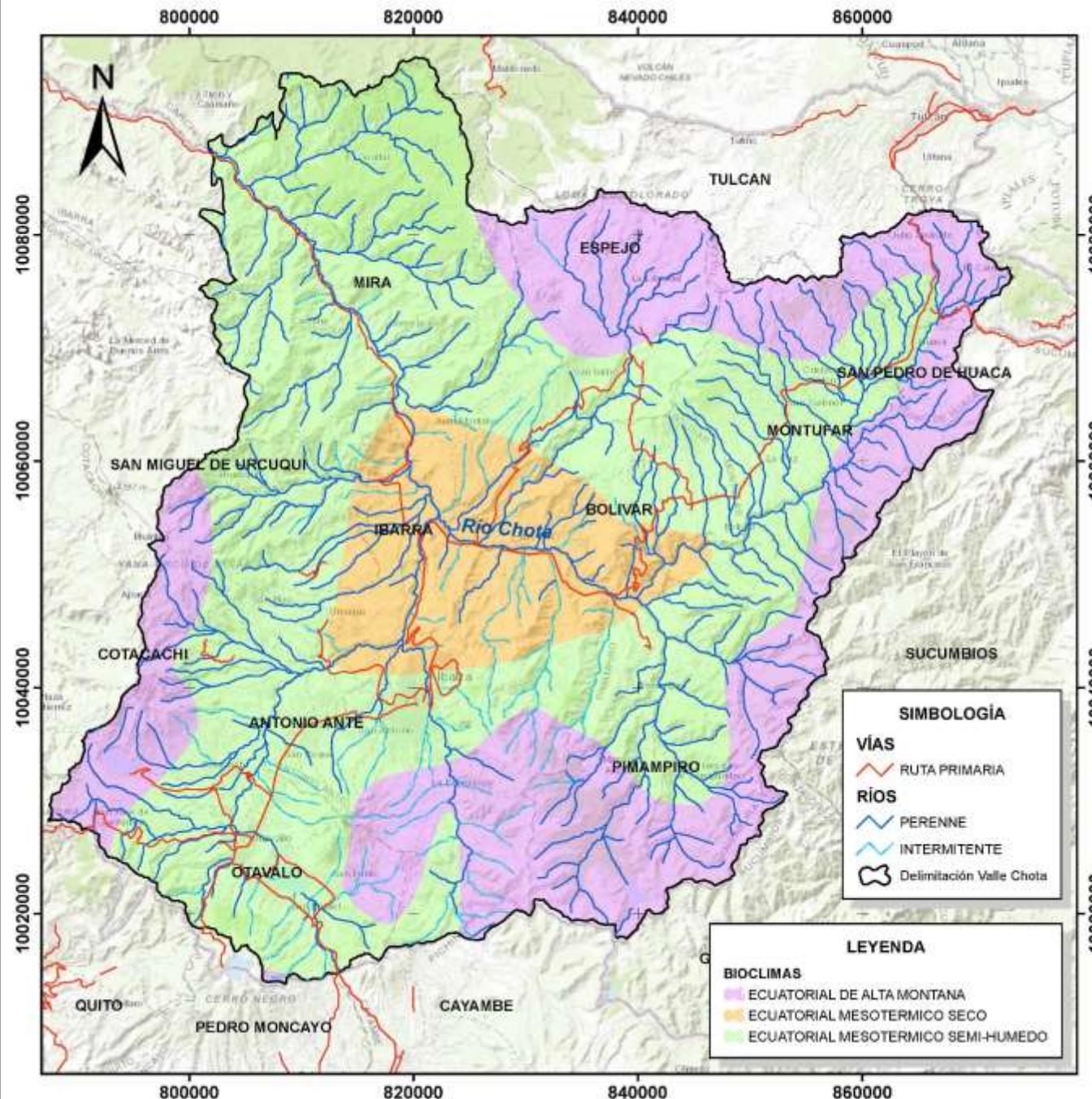
ESCALA DE TRABAJO:
1:250.000

ESCALA DE IMPRESIÓN:
1:50.000

FUENTE:
SNI, 2018

MAPA 1 DE 12

MAPA BIOCLIMÁTICO DEL VALLE DEL RÍO CHOTA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MAPA BIOCLIMÁTICO DEL VALLE DEL RÍO CHOTA

ELABORADO POR: Bryan Vilema	FECHA: 01/11/2020
ESCALA DE TRABAJO: 1:350.000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50.000
FUENTE: IGM, 2018	MAPA 2 DE 12

SIMBOLOGÍA

VÍAS
 RUTA PRIMARIA

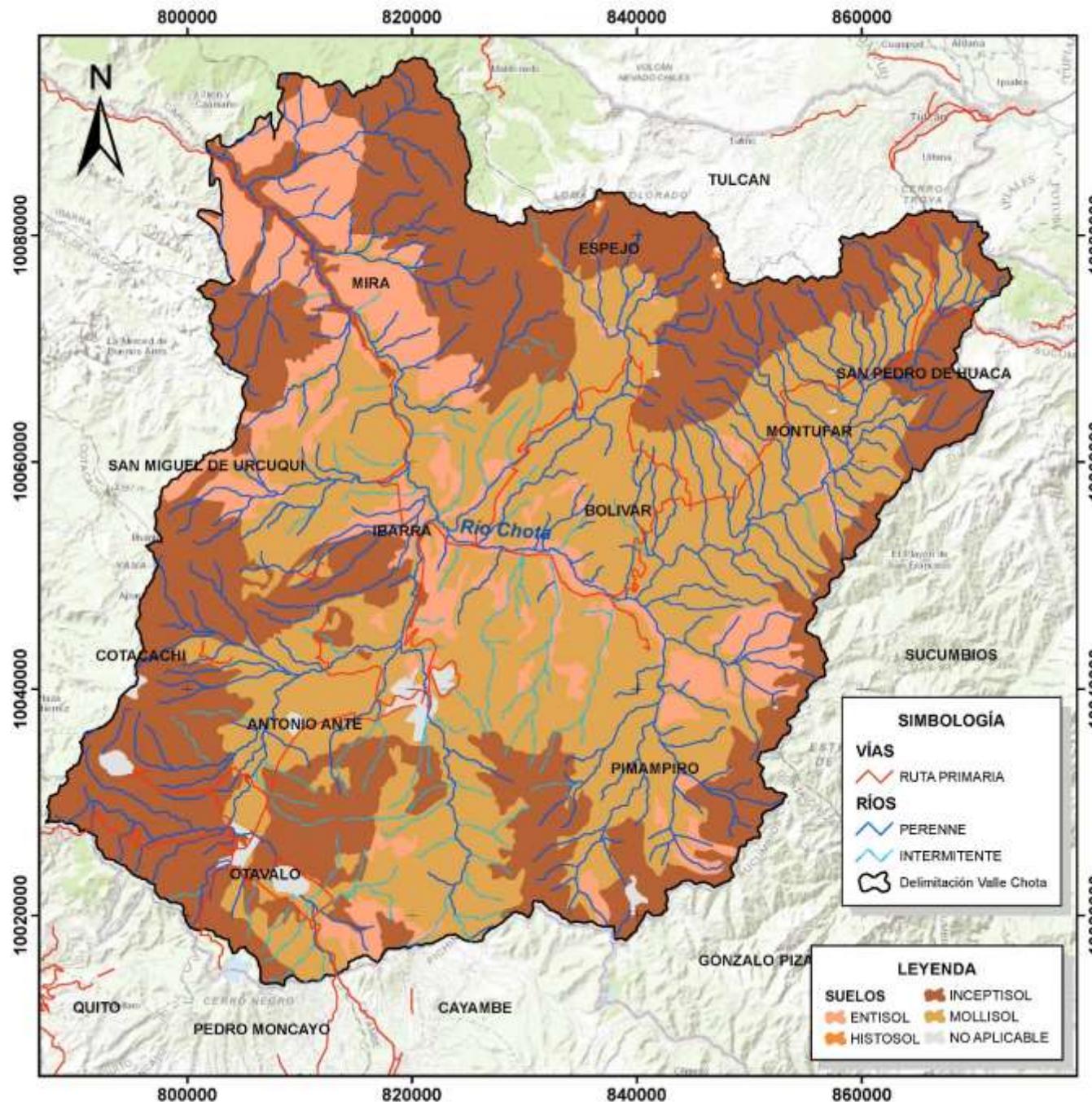
RÍOS
 PERENNE
 INTERMITENTE

Delimitación Valle Chota

LEYENDA

BIOCLIMAS
 ECUATORIAL DE ALTA MONTANA
 ECUATORIAL MESOTERMICO SECO
 ECUATORIAL MESOTERMICO SEMI-HUMEDO

MAPA DE TIPOS DE SUELOS DEL VALLE DEL RÍO CHOTA



SIMBOLOGÍA

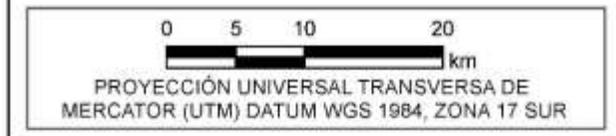
VÍAS
 RUTA PRIMARIA

RÍOS
 PERENNE
 INTERMITENTE

Delimitación Valle Chota

LEYENDA

SUELOS	INCEPTISOL
ENTISOL	MOLLISOL
HISTOSOL	NO APLICABLE



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

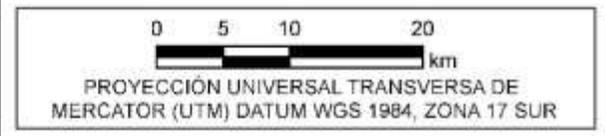
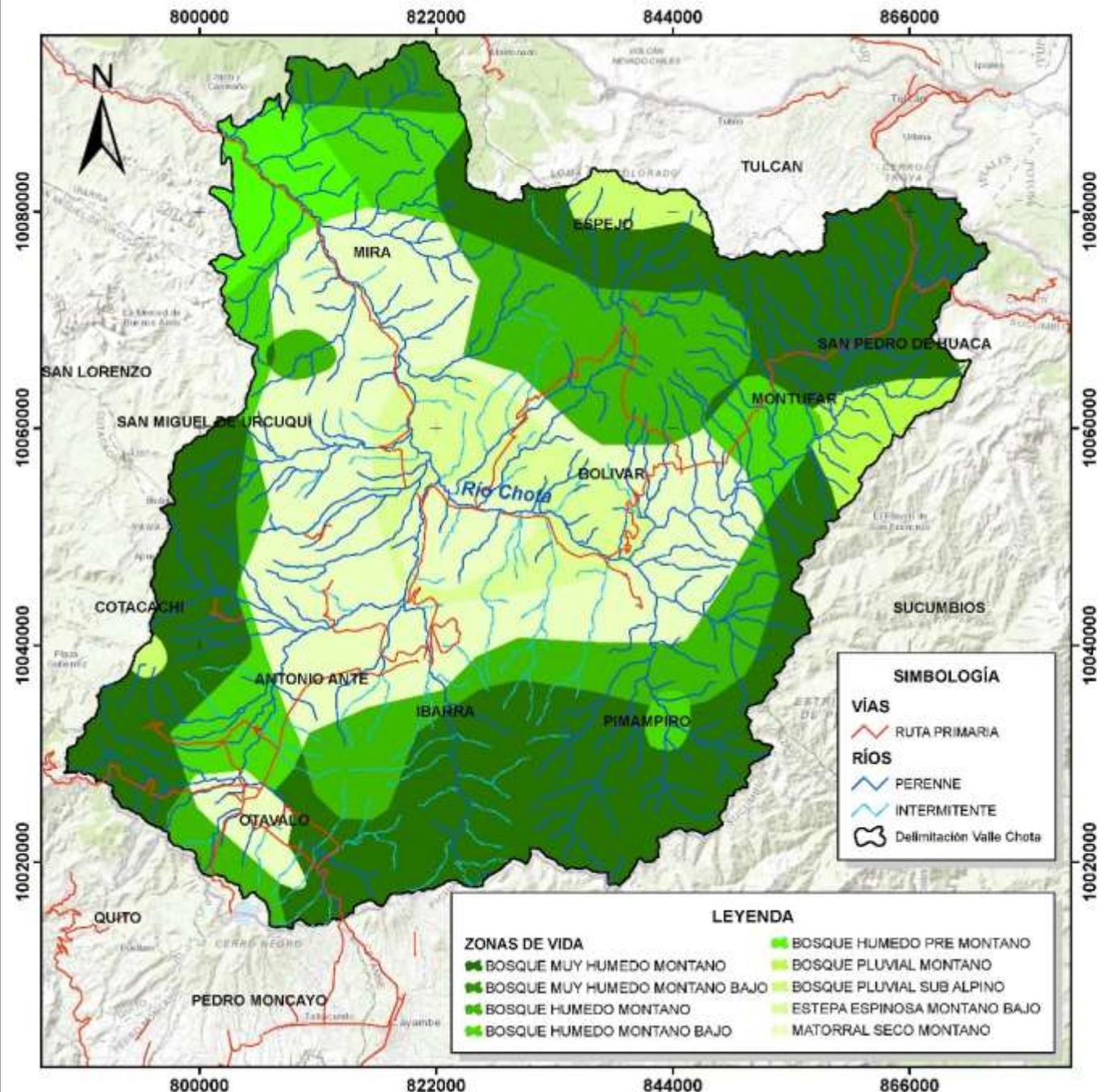
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MAPA DE TIPOS DE SUELOS DEL VALLE DEL RÍO CHOTA

ELABORADO POR: Bryan Vilema	FECHA: 05/11/2020
ESCALA DE TRABAJO: 1:350.000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50.000
FUENTE: IGM, 2018	MAPA 3 DE 12

MAPA ECOLÓGICO DEL VALLE DEL RÍO CHOTA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

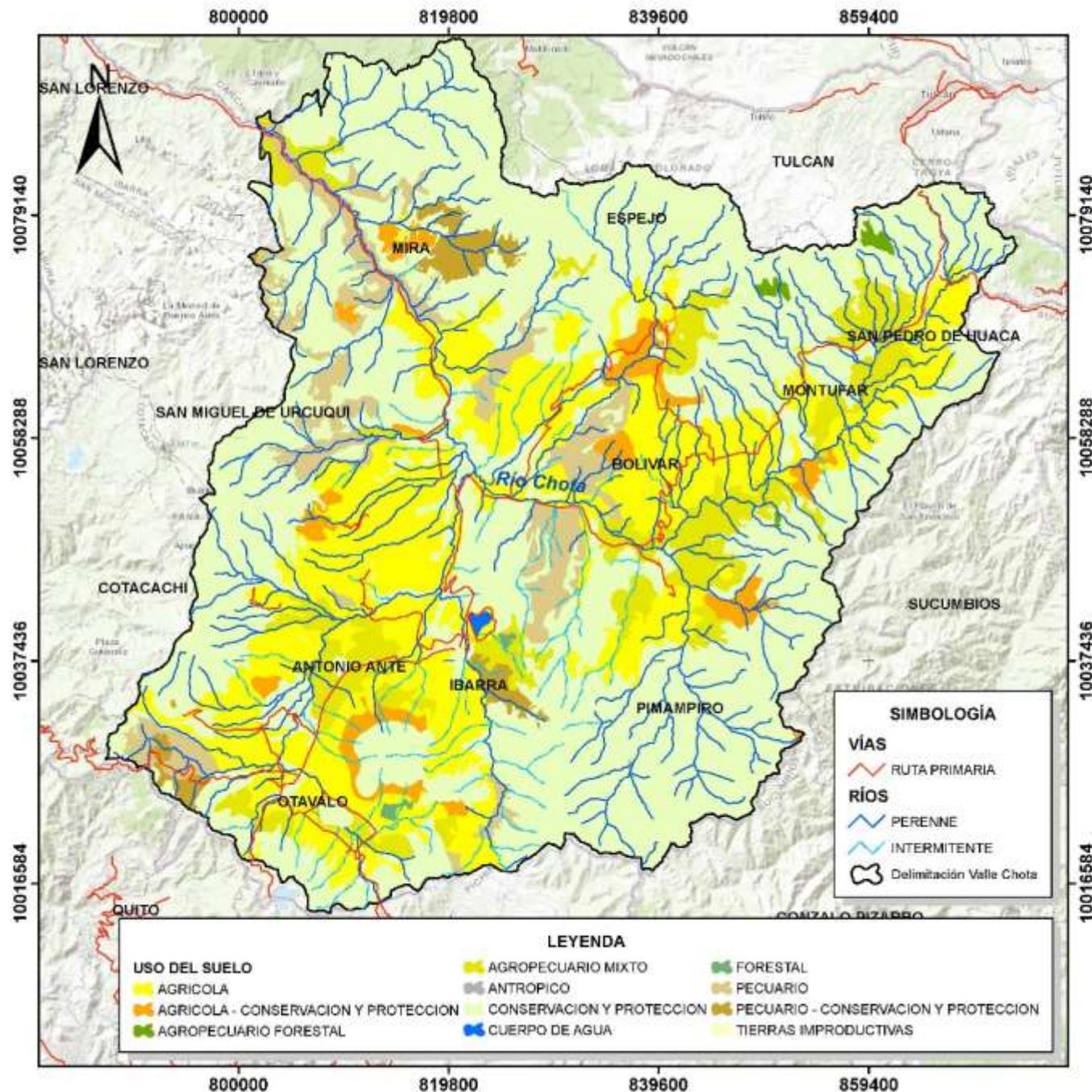
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

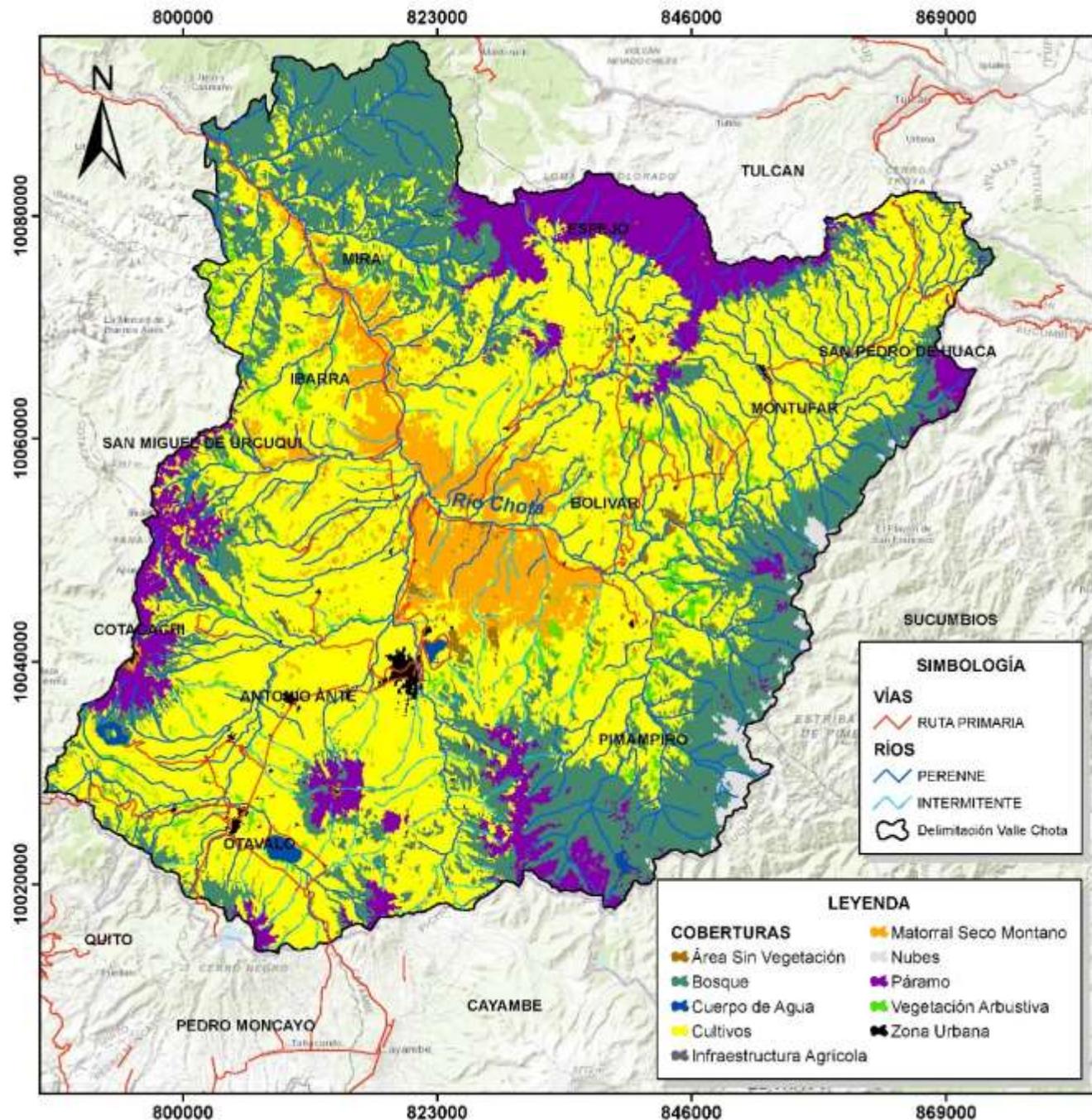
MAPA ECOLÓGICO DEL VALLE DEL RÍO CHOTA

ELABORADO POR: Bryan Vilema	FECHA: 06/11/2020
ESCALA DE TRABAJO: 1:350.000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50.000
FUENTE: IGM, 2018	MAPA 4 DE 12

MAPA DE USO ACTUAL DEL SUELO DEL VALLE DEL RÍO CHOTA



MAPA DE COBERTURA Y USO DEL SUELO DEL VALLE DEL RÍO CHOTA - AÑO 2007



UBICACIÓN GEOGRÁFICA

0 5 10 20
km

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM) DATUM WGS 1984, ZONA 17 SUR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

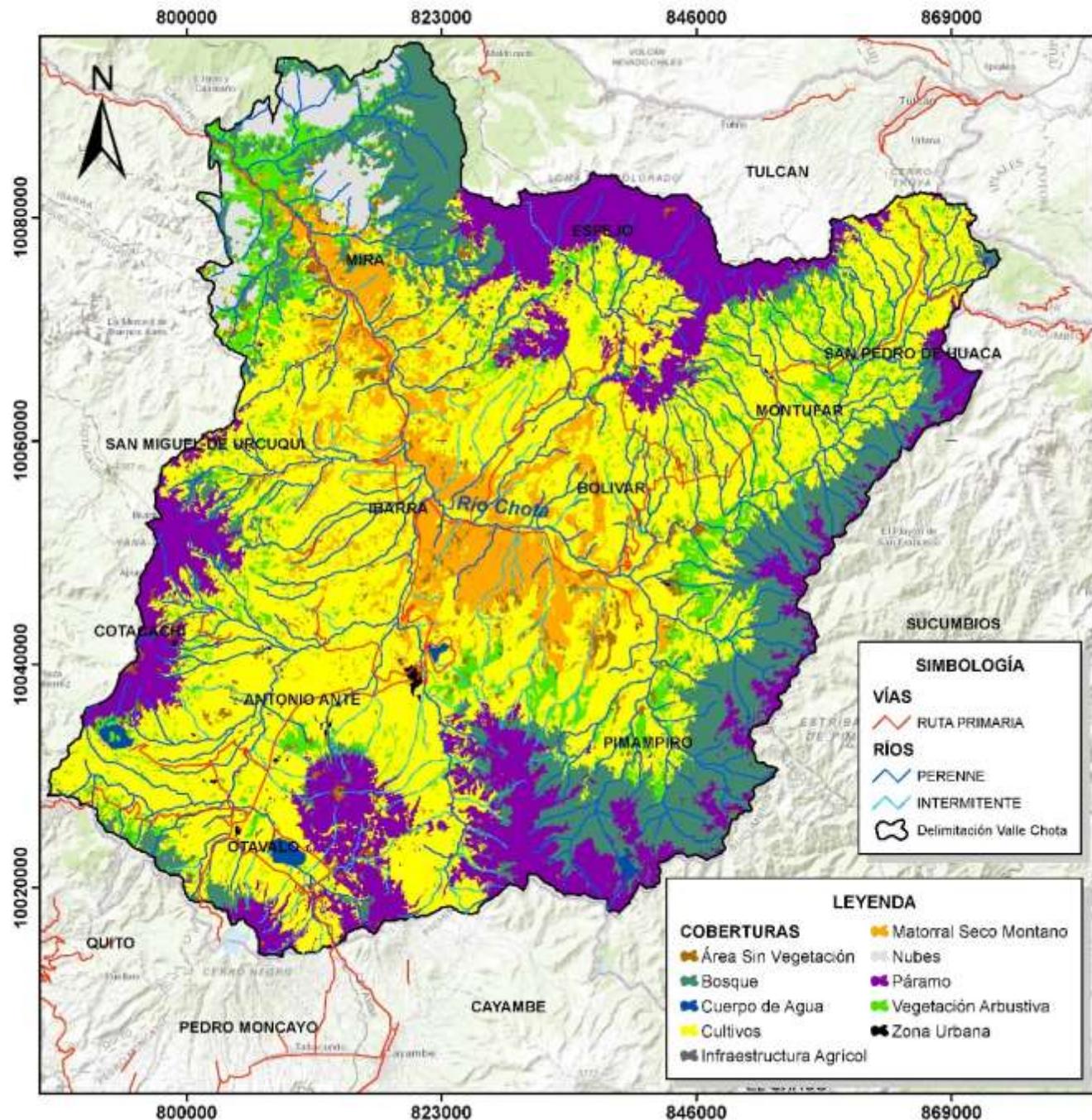
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MAPA DE COBERTURA Y USO DEL SUELO DEL VALLE DEL RÍO CHOTA

ELABORADO POR: Bryan Vilema	FECHA: 30/12/2020
ESCALA DE TRABAJO: 1:350.000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50.000
FUENTE: IGM, 2018	MAPA 7 DE 12

MAPA DE COBERTURA Y USO DEL SUELO DEL VALLE DEL RÍO CHOTA - AÑO 1990



UBICACIÓN GEOGRÁFICA

0 5 10 20
km

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM) DATUM WGS 1984, ZONA 17 SUR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

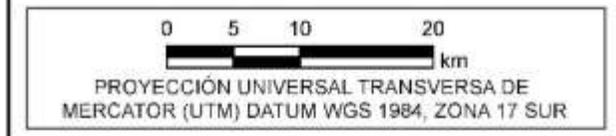
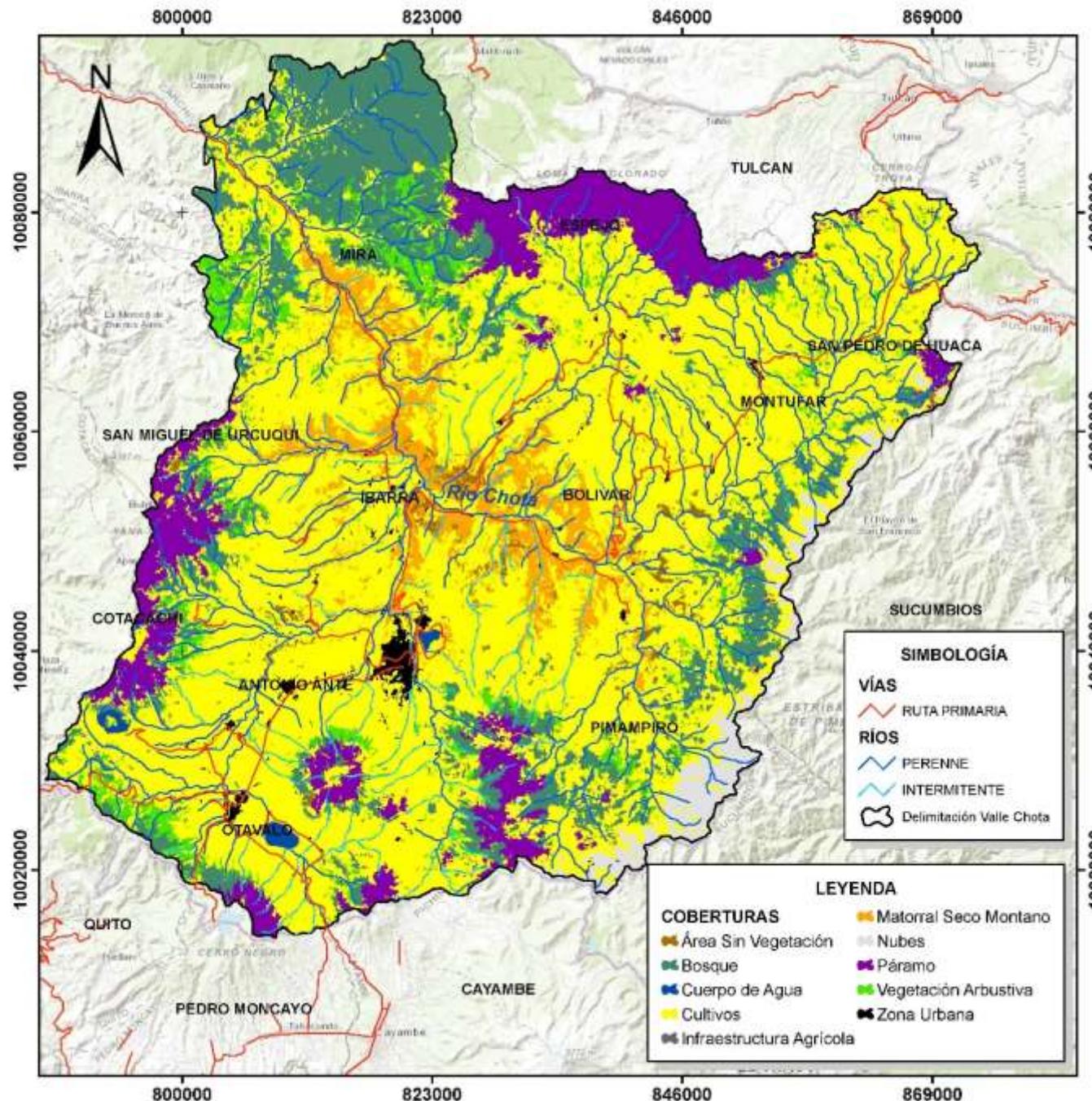
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MAPA DE COBERTURA Y USO DEL SUELO DEL VALLE DEL RÍO CHOTA

ELABORADO POR: Bryan Vilema	FECHA: 02/12/2020
ESCALA DE TRABAJO: 1:350.000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50.000
FUENTE: IGM, 2018	MAPA 6 DE 12

MAPA DE COBERTURA Y USO DEL SUELO DEL VALLE DEL RÍO CHOTA - AÑO 2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

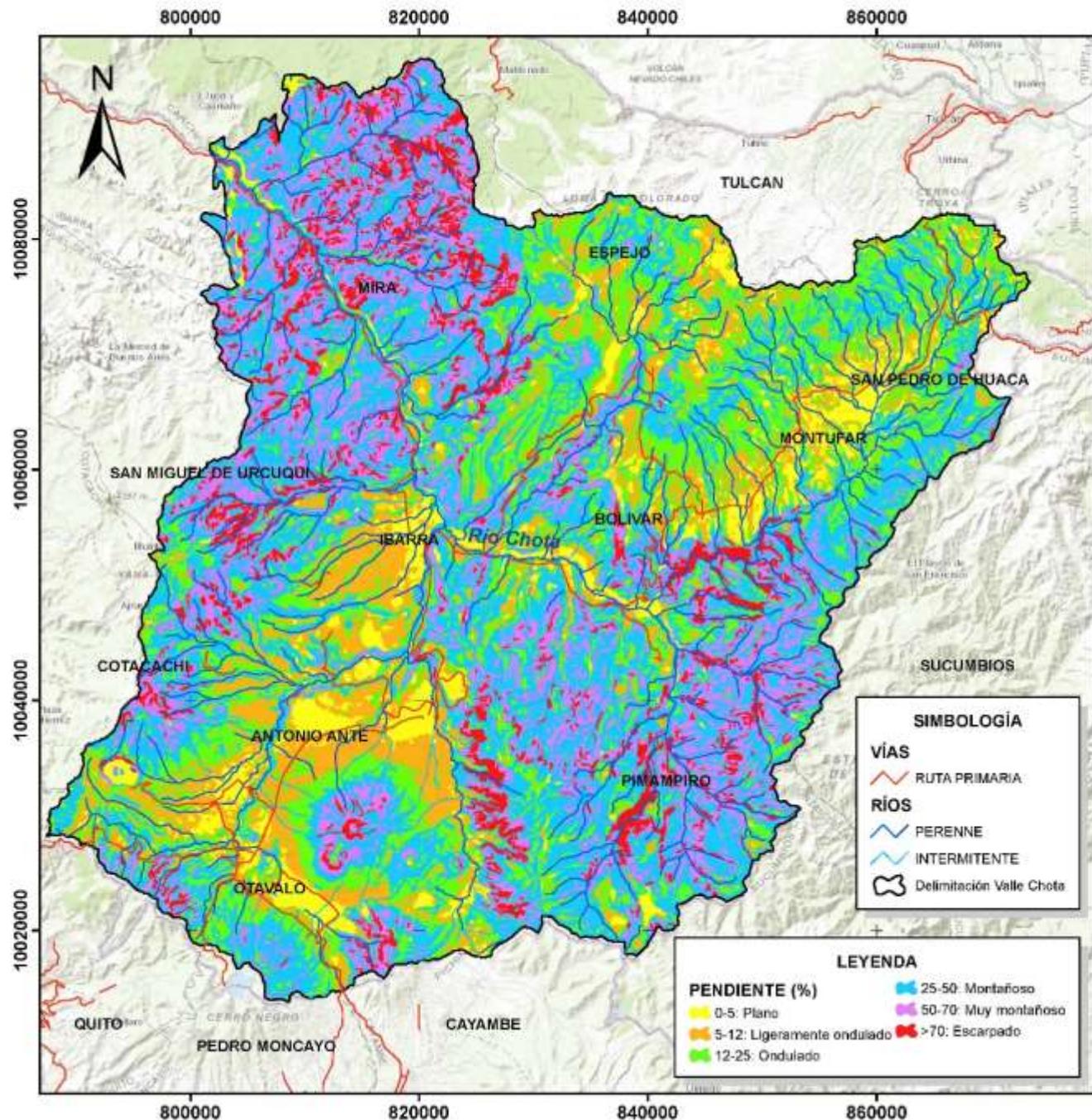
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MAPA DE COBERTURA Y USO DEL SUELO DEL VALLE DEL RÍO CHOTA

ELABORADO POR: Bryan Vilema	FECHA: 24/01/2021
ESCALA DE TRABAJO: 1:350.000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50.000
FUENTE: IGM, 2018	MAPA 8 DE 12

MAPA DE PENDIENTES DEL VALLE DEL RÍO CHOTA



UBICACIÓN GEOGRÁFICA

0 5 10 20 km

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM) DATUM WGS 1984, ZONA 17 SUR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

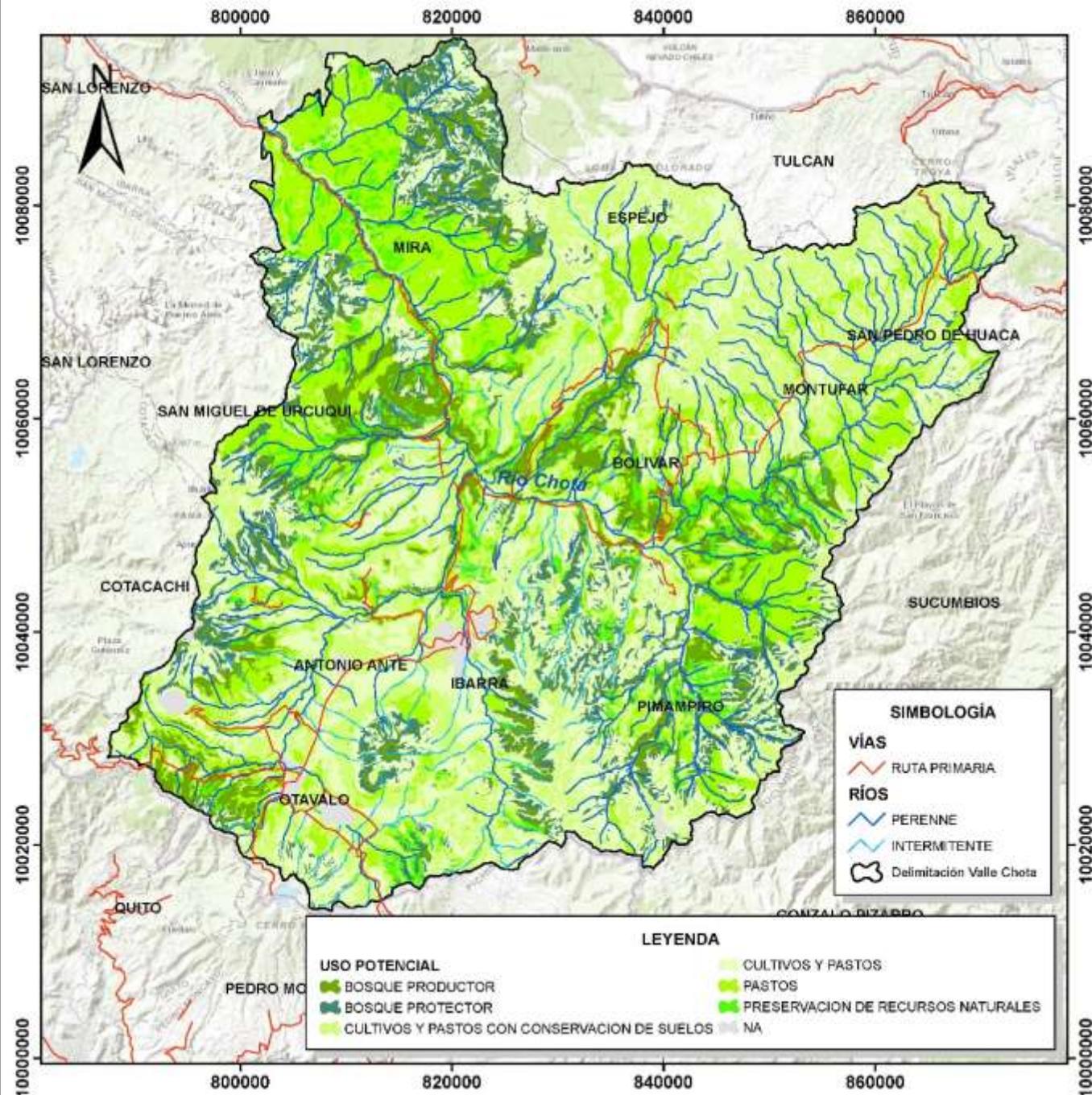
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MAPA DE PENDIENTES DEL VALLE DEL RÍO CHOTA

ELABORADO POR: Bryan Vilema	FECHA: 27/01/2021
ESCALA DE TRABAJO: 1:350.000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50.000
FUENTE: IGM, 2018	MAPA 9 DE 12

MAPA DE USO POTENCIAL DEL SUELO DEL VALLE DEL RÍO CHOTA



UBICACIÓN GEOGRÁFICA

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM) DATUM WGS 1984, ZONA 17 SUR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MAPA DE USO POTENCIAL DEL SUELO DEL VALLE DEL RÍO CHOTA

ELABORADO POR: Bryan Vilema	FECHA: 01/02/2021
ESCALA DE TRABAJO: 1:350.000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50.000
FUENTE: IGM, 2018	MAPA 10 DE 12

SIMBOLOGÍA

VÍAS

- RUTA PRIMARIA

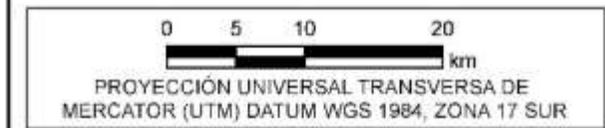
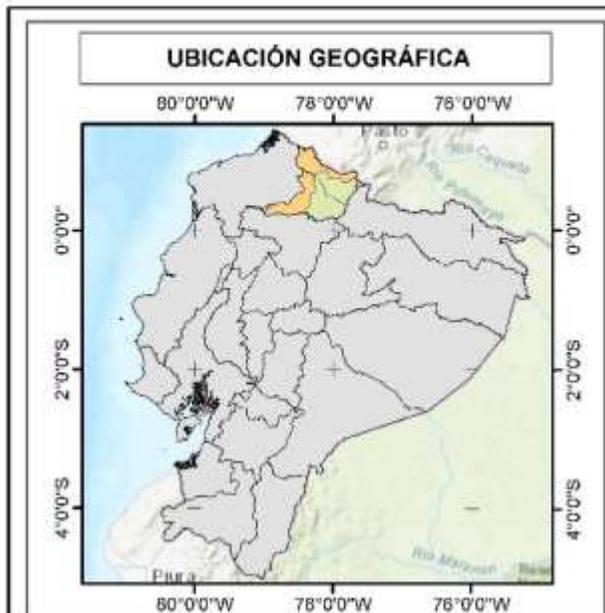
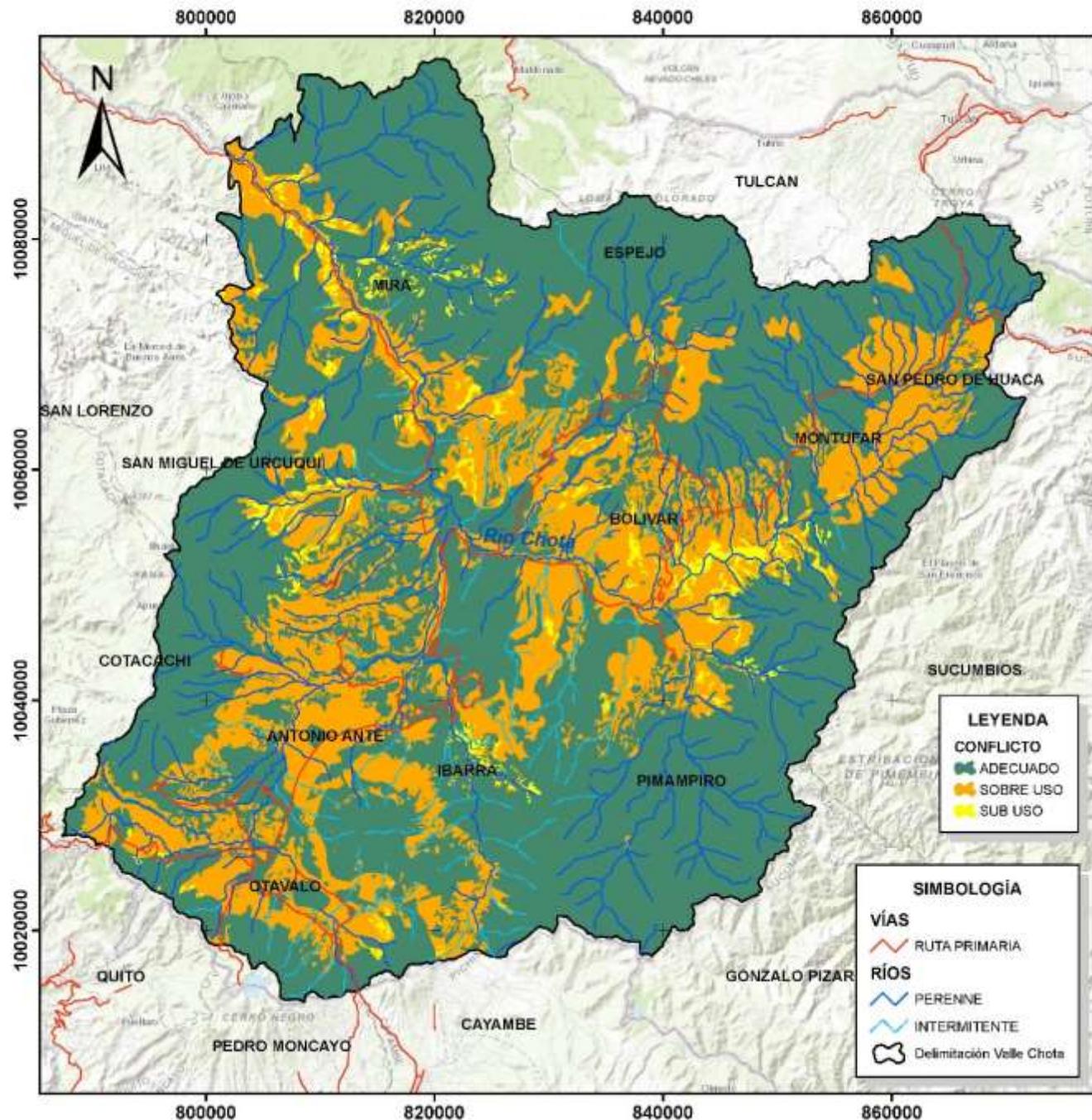
RÍOS

- PERENNE
- INTERMITENTE
- Delimitación Valle Chota

LEYENDA

CULTIVOS Y PASTOS	PASTOS
BOSQUE PRODUCTOR	PRESERVACION DE RECURSOS NATURALES
BOSQUE PROTECTOR	NA
CULTIVOS Y PASTOS CON CONSERVACION DE SUELOS	

MAPA DE CONFLICTOS DE USO DEL SUELO DEL VALLE DEL RÍO CHOTA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

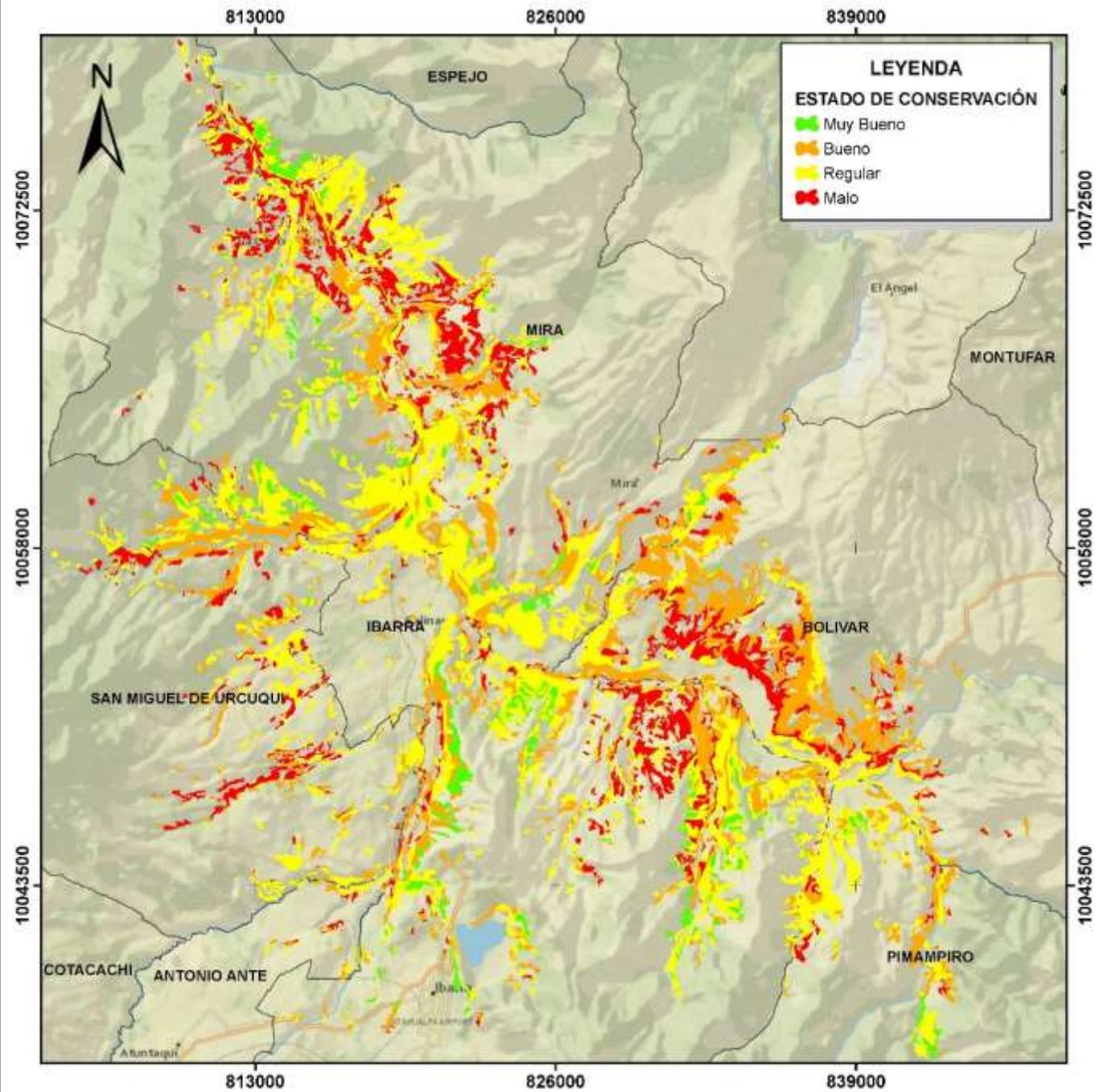
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MAPA DE CONFLICTOS DE USO DEL SUELO DEL VALLE DEL RÍO CHOTA

ELABORADO POR: Bryan Vilema	FECHA: 04/02/2021
ESCALA DE TRABAJO: 1:350.000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50.000
FUENTE: IGM, 2018	MAPA 11 DE 12

MAPA DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL MATORRAL SECO MONTANO



LEYENDA
ESTADO DE CONSERVACIÓN
 Muy Bueno
 Bueno
 Regular
 Malo



0 2,25 4,5 9 km
 PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR (UTM) DATUM WGS 1984, ZONA 17 SUR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MAPA DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL MATORRAL SECO MONTANO

ELABORADO POR: Bryan Vilema	FECHA: 14/02/2021
ESCALA DE TRABAJO: 1:350.000	ESCALA DE IMPRESIÓN: 1:50.000
FUENTE: IGM, 2018	MAPA 12 DE 12