



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

ANÁLISIS DE LOS EFECTOS AMBIENTALES DEL PASTOREO
DE BOVINOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PAMPLONA,
PARROQUIA SELVA ALEGRE-IMBABURA

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

AUTORA:

Guerra Julio Nathaly Mishell

DIRECTOR:

Ing. Óscar Armando Rosales Enríquez MSc.

IBARRA, 2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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 de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100408074-1		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Guerra Julio Nathaly Mishell		
DIRECCIÓN:	San Antonio de Ibarra-Imbabura		
EMAIL:	nmgueeraj@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2932-496	TELÉFONO MÓVIL:	0959102124

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"ANÁLISIS DE LOS EFECTOS AMBIENTALES DEL PASTOREO DE BOVINOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PAMPLONA, PARROQUIA SELVA ALEGRE-IMBABURA"
AUTOR (ES):	Guerra Julio Nathaly Mishell
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	24 de octubre de 2023
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Óscar Rosales MSc.

2. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la 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 27 días del mes de octubre de 2023

LA AUTORA:



Guerra Julio Nathaly Mishell



CERTIFICACIÓN ENTREGA TRABAJO TITULACIÓN
TRIBUNAL TUTOR

Ibarra, 26 de octubre de 2023

Para los fines consiguientes, CERTIFICAMOS que la señorita GUERRA JULIO NATHALY MISHHELL autora del trabajo de titulación: “ANÁLISIS DE LOS EFECTOS AMBIENTALES DEL PASTOREO DE BOVINOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PAMPLONA, PARROQUIA SELVA ALEGRE-IMBABURA”, estudiante de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** entrega el documento en digital.

Atentamente,

TRIBUNAL DE GRADO

FIRMA

MSc. Óscar Rosales
DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN

MSc. Melissa Layana
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

MSc. Miguel Aragón
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN



CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ibarra, 26 de octubre de 2023

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: “ANÁLISIS DE LOS EFECTOS AMBIENTALES DEL PASTOREO DE BOVINOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PAMPLONA, PARROQUIA SELVA ALEGRE-IMBABURA”, de autoría del señorita GUERRA JULIO NATHALY MISHELL estudiante de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que el/la autor/a o autores ha procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

TRIBUNAL TUTOR

FIRMA

MSc. Óscar Rosales
DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN

MSc. Melissa Layana
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

MSc. Miguel Aragón
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la fuerza y la sabiduría necesarias para afrontar todos aquellos inconvenientes que algún momento me hicieron flaquear, por hacerme una persona perseverante y noble, que, durante este trayecto, ha sido mi paño de lágrimas invisible cuando llegué a sentir que me rendía y por ser el empujoncito divino para hacerme saber que no estoy sola en ningún momento.

Infinitas gracias a mi mamá, por su confianza, paciencia y consejos. Por cada esfuerzo que ha hecho por verme alcanzar esta meta. Gracias por estar conmigo en mis momentos de alegría y tristeza, porque a más de ser madre, es amiga y confidente. Por enseñarme que ella es suficiente para darme el amor de una madre y de un padre. Mil gracias mami, por estar orgullosa de mi y creer en cada locura de su hija.

De forma especial agradezco a mi tutor Ing. Óscar Rosales MSc, por todos sus conocimientos, experiencia, apoyo y paciencia en la elaboración de esta investigación, gracias por ser ese docente con calidad profesional y humana. De igual manera, reconozco la guianza de mis asesores, Ing Melissa Layana MSc y Magister Miguel Aragón quienes contribuyeron en el avance y culminación de este trabajo.

Nathy

DEDICATORIA

Esta investigación se la dedico a mis abuelitos Charito y Atahualpa, allá en el cielo espero que estén muy felices por mí. Ustedes me enseñaron a amar la tierra, los animales y las plantas...todas esas cosas simples de la vida que llenan el corazón Me inculcaron valores de amor, respeto, valentía y trabajo, fui y soy muy afortunada al compartir mi infancia con ustedes. El cielo se volvió más bonito desde que están ahí.

Quiero dedicar este logro a la mujer más importante de mi vida, aquella que no conoce límites si se trata de luchar por sus hijos, a mi madre, porque me ha enseñado a no rendirme, a luchar, a perseverar, a ser independiente, a llegar muy lejos. A ti Anis, porque detrás de cada buen hijo, hay una excelente madre.

Este trabajo también va dedicado a mi sobrinita, Sofy Guerra, porque espero algún día ser una figura a seguir para ella, enseñándole que con dedicación y esfuerzo se puede conseguir todo. Que los sueños que tenga, por más locos que sean, se pueden alcanzar. Que en el camino que siga siempre va a contar con la tía Nathy, cerca o lejos, yo estaré ahí para cuidarle y rezar por su bienestar. Que le amo mucho, porque en su corta edad me ha enseñado que los corazones que se aman, laten fuerte a pesar de la distancia. Eres mi ángel en la tierra.

A mis confidentes y compañeras de locuras, a mi tía Marivel y a mi prima Belén, porque nunca me han dejado caer, siempre me han sostenido como dos pilares fundamentales en mi vida. Gracias por sus consejos, por sus regaños, por sus abrazos, por cada risa...por su cariño que me hace bien. Gracias tía por ser como una segunda madre y a ti Belén por tomar el lugar de hermana y de terapeuta. Espero que sigan creyendo en mí como hasta ahora.

Nathy

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Revisión de antecedentes o estado del arte	1
1.2 Problema de investigación y justificación.....	5
1.3. Objetivos	7
1.3.1. Objetivo general	7
1.3.2. Objetivos específicos	7
1.4. Pregunta(s) directriz (ces) de la investigación	7
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Marco referencial	8
2.1.1. Cuenca hidrográfica	8
2.1.2. Actividad ganadera.....	11
2.1.3. Sistemas de producción de ganadera.....	14
2.1.4. Pastoreo	17
2.1.4.1. Sistemas de pastoreo	17
2.1.5. Pastos en Ecuador	20
2.1.6. Carga animal	22
2.1.7. Capacidad de carga	24
2.1.9. Efectos ambientales de la ganadería	25
a) Sobrepastoreo.....	25
c) Consumo de agua	27
d) Laderas o terracillas	29
2.1.10. Ganadería climáticamente inteligente	29
2.2. Marco legal.....	32
2.2.1. Constitución de la República del Ecuador	32

2.2.2. Convenios internacionales	33
2.2.3. Leyes orgánicas.....	33
2.2.4. Plan Nacional de Creación de Oportunidades.....	35
CAPÍTULO III	36
METODOLOGÍA	36
3.1. Descripción del área de estudio.....	36
3.1.1. Componente biofísico	38
3.1.1.1. Clima, hidrología y suelo	38
3.1.1.2. Relieve	39
3.1.1.3. Cobertura vegetal	40
3.2. Métodos.....	41
3.2.1.1. Determinación de la carga animal de bovinos en la microcuenca del río Pamplona.....	41
3.2.1.2. Georreferenciación de la microcuenca hidrográfica	41
3.2.1.3. Cuantificación de la superficie de vegetal	42
3.2.1.4. Identificación de especies forrajeras	43
3.2.1.5. Cálculo de la carga animal de la microcuenca del río Pamplona.....	43
3.2.2. Evaluación de los efectos ambientales del pastoreo de bovinos en la microcuenca del Río Pamplona.....	46
3.2.2.1. Georreferenciación de terracillas	46
3.2.2.2. Cálculo de producción de metano	46
3.2.2.3. Cálculo de consumo de agua.....	47
3.2.3. Propuesta de estrategias de sostenibilidad ambiental para el pastoreo de bovinos en la microcuenca del Río Pamplona	48
CAPÍTULO IV	50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
En el presente capítulo se detallan e interpretan los resultados obtenidos a lo largo de la investigación.....	50
4.1. Carga Animal Actual.....	50
4.1.1. Unidades Animales	50

4.1.2. Superficie de pastizales en la microcuenca	52
4.1.3. Cálculo de la carga animal actual.....	55
4.1.4. Especies forrajeras	57
4.2. Efectos ambientales del pastoreo de bovinos en la microcuenca.....	58
4.2.1. Georreferenciación de terracillas	58
4.2.2. Producción de metano	61
4.2.3. Consumo de agua	63
4.3. Estrategias sostenibles de pastoreo de bovinos	66
CAPÍTULO V	73
5.1. Conclusiones	73
5.2. Recomendaciones.....	74
REFERENCIAS	75
ANEXO I. REGISTRO FOTOGRÁFICO	85
ANEXO II. MAPAS CARTOGRÁFICOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de crianza de los sistemas de producción ganadera	16
Tabla 2. Factores de requerimiento de agua de bovinos	28
Tabla 3. Estrategias de Ganadería Climáticamente Inteligente.....	31
Tabla 4. Actividades productivas de la parroquia	37
Tabla 5. Equivalente Unidad Animal	44
Tabla 6. Factor de emisión de metano por estiércol para vacunos (kgCH ₄ Cabeza ⁻¹ Año ⁻¹).....	47
Tabla 7. Número de bovinos por categoría y clases.....	51
Tabla 8. Convergencia de Unidades Animales	52
Tabla 9. Registro de muestras de pastos	55
Tabla 10. Georreferenciación de terracillas	59
Tabla 11. Emisión de metano en UAs en la microcuenca del río Pamplona	61
Tabla 12. Consumo de agua por peso vivo de bovino	64
Tabla 13. Consumo de agua diario en bovinos	65
Tabla 14. Presión-Estado-Respuesta a los impactos ambientales el río Pamplona	67
Tabla 15. Base y aplicabilidad de estrategias ganaderas.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Existencia de ganado vacuno en Ecuador.....	12
Figura 2. Concentración de miles de cabeza de ganado vacuno.....	13
Figura 3. Superficie con labor agropecuaria	21
Figura 4. Superficie plantada por tipo de pasto	22
Figura 5. Distintos grados de Unidad Animal.....	23
Figura 6. Capacidad adaptativa de un sistema ganadero	30
Figura 7. Ubicación de la microcuenca del río Pamplona	36
Figura 8. Zonificación de la microcuenca del río Pamplona	38
Figura 9. Pendientes de la microcuenca del río Pamplona	40
Figura 10. Tipos de cobertura vegetal microcuenca del río Pamplona.....	42
Figura 11. Número de bovinos presentes en el río Pamplona.....	51
Figura 12. Unidades ambientales en la microcuenca del río Pamplona.....	53
Figura 13. Cobertura vegetal 2002-2018 del Bosque Protector Taminanga Grande	54
Figura 14. Puntos de afectación por terracillas	60

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

ANÁLISIS DE LOS EFECTOS AMBIENTALES DEL PASTOREO DE
BOVINOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PAMPLONA, PARROQUIA
SELVA ALEGRE-IMBABURA

Guerra Julio Nathaly Mishell

RESUMEN

La ganadería es un sector estratégico de la sociedad para dinamizar la economía, pero en la actualidad, por la demanda del mercado, se ha visto intensificada. Las inadecuadas prácticas de manejo del pastoreo de bovinos conllevan al sobrepastoreo, debido al cálculo de carga animal erróneo o inexistente, lo cual origina efectos ambientales con repercusiones en los recursos naturales, alterando y degradando las funciones y servicios ecosistémicos. Por este motivo, la presente investigación tiene como objetivo analizar los efectos ambientales del pastoreo de bovinos en la microcuenca del río Pamplona, parroquia Selva Alegre-Otavalo, con el fin de establecer estrategias de ganadería climáticamente inteligente, alineadas a principios ambientales de desarrollo sostenible. En este contexto, se estimó la superficie total de cobertura antrópica (pastos naturales y pastos cultivados) mediante herramientas de teledetección, las principales especies de pastos que sirven de base alimenticia para el ganado y el número actual de bovinos con equivalencia en Unidades Animales en función del peso vivo. También se evaluaron las consecuencias del pisoteo continuo del suelo, denominado terracillas, se calculó el consumo de agua de los bovinos y las emisiones de metano. Como método de planificación de alternativas se utilizó el modelo PER. Como resultados se encontró una carga animal matemática de 0,29 UAs/ha/año frente a un valor en campo de 1,25 UAs/ha/año, lo que indica un déficit de demanda animal para la oferta vegetal, pues en Ecuador el umbral de UAs es de 1,48 UAs/ha/año. Se identificaron 20 terracillas a lo largo de la cuenca media y baja. Las emisiones anuales de gases aportan con 1087 kg de metano a la atmósfera. El consumo de agua diario es de 52190 litros. En base a los resultados obtenidos se propusieron 8 estrategias, dadas en función de la presión que recibe el elemento, el estado actual del recurso y soluciones enmarcadas a la realidad local, estableciendo un lineamiento base y aplicabilidad.

Palabras clave: Ganadería, sobrepastoreo, carga animal, servicios ecosistémicos, efectos ambientales, desarrollo sostenible, estrategias.

ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL EFFECTS OF BOVINE GRAZING IN THE MICRO-WATERSHED OF THE PAMPLONA RIVER, SELVA ALEGRE-IMBABURA

ABSTRACT

Livestock farming is a strategic sector of society for boosting the economy, but nowadays, due to market demand, it has been intensified. Inadequate cattle grazing management practices lead to overgrazing, due to erroneous or non-existent stocking rates, which causes environmental effects with repercussions on natural resources, altering and degrading ecosystem functions and services. For this reason, the present research aims to analyse the environmental effects of cattle grazing in the Pamplona River micro-watershed, Selva Alegre-Otavalo parish, in order to establish climate-smart livestock strategies, aligned with environmental principles of sustainable development. In this context, the total area of anthropogenic cover (natural pastures and cultivated pastures) was estimated using remote sensing tools, the main pasture species that serve as a food base for livestock and the current number of cattle with equivalence in Animal Units in terms of live weight. The consequences of continuous trampling of the soil, called terracing, the water consumption of cattle and methane emissions were also assessed. The PER model was used as an alternative planning method. The results showed a mathematical stocking rate of 0.29 AUs/ha/year compared to a field value of 1.25 AUs/ha/year, which indicates a deficit of animal demand for plant supply, as in Ecuador the threshold of AUs is 1.48 AUs/ha/year. Twenty terraces were identified along the middle and lower watershed. Annual gas emissions contribute 1087 kg of methane to the atmosphere. Daily water consumption is 52190 litres. Based on the results obtained, 8 strategies were proposed, based on the pressure on the element, the current state of the resource and solutions framed to the local reality, establishing a basic guideline and applicability.

Key words: Livestock, overgrazing, stocking rate, ecosystem services, environmental effects, sustainable development, strategies.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Revisión de antecedentes o estado del arte

El sector pecuario es uno de los principales responsables de los graves problemas ambientales que ocurren, pues cada día la tendencia va en aumento a nivel mundial y a una velocidad desacelerada, supone el 40% de la producción agrícola. Según un informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (2006), se estima que la actividad ganadera aporta con un 18% del total de las emisiones del sector transporte. También es una de las principales causas de la degradación del suelo, fauna, flora y de los recursos hídricos (Lead, 2009).

Frente a esta creciente preocupación del deterioro ambiental y sus repercusiones en el capital natural, la ganadería, es una actividad con tendencia a seguir incrementándose, puesto que es un medio de subsistencia para más de 1300 millones de familias (FAO, 2009). Ello indica que, la actividad ganadera se ha desarrollado progresivamente, se ha diversificado en cuanto a pasturas, especies y manejo. Es un hecho que, la desnutrición de bovinos es el principal factor limitante en la producción del sector pecuario en países que enfrentan épocas de verano intensas y épocas lluviosas destructoras, el bajo consumo de energía y proteínas disminuye la capacidad productiva de los rumiantes (Conant, et al., 2001).

Por lo anterior, son de gran importancia los tipos de pastos y su manejo en los diferentes sistemas de producción, sean estos especializados o de doble propósito, la mala alimentación afecta en términos de calidad, reproducción y sanidad, es decir a pasturas con altos índices de nutrientes favorecen la producción, la genética de especies y la resistencia a enfermedades en los bovinos. Para lograr niveles elevados y estables de productividad en la ganadería es necesario un manejo racional del suelo, pasto y animal, evitando el sobrepastoreo, determinando la carga animal

óptima y adecuando los sistemas de pastoreo e incorporando nutrientes al suelo, es decir, organizar los animales en grupos de acuerdo al requerimiento alimenticio y edades y destinar una superficie de pastoreo o parcela que cumpla con sus necesidades. Estas de manejo racional de las praderas extiende el tiempo de rebrote de los pastos hasta alcanzar los requerimientos nutricionales de agua y fibra que se necesitan de acuerdo al propósito de producción; leche o carne, con esto se logra una mejor calidad del producto final (Babera et al., 2001).

De tal manera que, uno de los parámetros indispensables en la vinculación de ganadería y sostenibilidad es el manejo apropiado de la carga animal, que se define como la relación entre el número de animales y la superficie pastable disponible, factor clave en el manejo de pastoreo, ya que afecta tanto a la presión de pastoreo y la ingestión, como también a la tasa de foliación del pasto, es decir, la carga tiene una relación inversa con el rendimiento de una Unidades Animales (UA) y la producción vegetal, puesto que, a mayor carga habrá menor disponibilidad de pasto y crecerá la presión sobre los recursos naturales, en cambio, a menor o carga óptima se maximiza la producción animal y eficiencia biológica (García et al., 2011).

El sector ganadero en América Latina juega un papel muy importante en el mercado frente al consumo local y mundial, y aporta de manera positiva al crecimiento económico de la región. La producción ganadera genera 126000 millones de dólares anuales al Producto Interno Bruto (PIB) de la región, lo que representa un 42% del PIB agrícola. Por lo tanto, el 80% del ascenso de la ganadería proviene de sectores rurales o pequeños productores, los cuales manejan sistemas de ganadería extensiva de baja productividad. Por ende, las estrategias de sistemas ganaderos sostenibles son un camino para erradicar la pobreza en la región de productores minoristas (Lascano, 2000).

El alcance de la actividad ganadera en Latinoamérica indica un porcentaje considerable de uso de suelo con un 65% de desertificación a causa del sobrepastoreo, la deforestación y las prácticas de agricultura convencional. El sobrepastoreo y la deforestación alteran el normal ciclo del agua y un desequilibrio

en el balance hídrico haciendo posible la erosión hídrica en zonas con pendientes pronunciadas y erosión eólica en zonas secas dejando el suelo expuesto a agentes erosivos por la pérdida de vegetación protectora en la capa fértil del suelo. Las prácticas agrícolas no sustentables anulan los nutrientes del suelo, salinizándolo, compactándolo y sellando, provocando suelos infértiles. La desertificación es un problema que degrada y contamina el agua, el aire y el suelo lo que significa pérdida de biodiversidad (Mena et al., 2000).

Sin embargo, la ganadería juega un rol fundamental en el desarrollo económico de un país, de acuerdo con Lorente (2010) en el estudio denominado *Ganadería y cambio climático: una influencia recíproca*, cuestiona fuertemente el desempeño de la producción agropecuaria fuera de los límites del medio ambiente y magnificando objetivos y alcances del propósito ganadero en términos económicos. En este sentido, los productores no manejan un modelo productivo sostenible, ni tampoco se consideran las condiciones naturales del medio para abastecer la demanda del mercado; se trata de una explotación de carácter extensiva. Las actividades antrópicas y las demandas de consumo provocan el cambio climático y los sectores con más afectaciones serán el medio rural por la magnitud de los problemas a causa de la producción ganadera no sustentable (Ríos, 2010).

En este sentido, Slanac et al. (2011), menciona que calcular la capacidad de carga en un sistema de producción ganadera, es una estrategia sostenible, debido a que la carga afecta a la producción de pastos y forrajes, tanto en la capacidad de regeneración vegetal y el cambio de especies, es decir, el pasto natural es persistente en el tiempo, pero no cumple con los requerimientos nutricionales suficientes y es necesario optar por el cultivo de nuevas especies con combinaciones productivas, pues el potencial de crecimiento de éstas es mayor en forrajes y menos malezas que son poco aprovechadas. Asimismo, Blanco et al. (2011) indica que el manejo del recurso suelo en sistemas ganaderos debe ser bajo una estricta organización, ya que muchas de las zonas productivas están localizadas en áreas de ordenamiento de tierras no recomendadas; laderas con pendientes mayores al 50%, que conjuntamente con el pisoteo continuo de cargas mal determinadas se intensifican

los problemas de erosión ampliando superficie de pasturas degradadas y baja productividad animal.

En países como Chile y México, el cambio de uso de suelo con actividades agrícolas inadecuadas, como: sobrepastoreo, urbanización y la explotación severa de los recursos naturales ha generado pérdidas de flora y fauna y daños a ecosistemas; principalmente a los bosques y selvas (Trucíos, et al., 2013). A nivel local, estas perturbaciones provocan la pérdida y degradación del suelo lo que ocasiona cambios en la dinámica del clima disminuyendo la biodiversidad, a nivel regional se producen afectaciones en el normal funcionamiento de las cuencas hidrográficas que abastecen a zonas pobladas (Ibarra, et al., 2011).

La ganadería de bovinos a pequeña y gran escala aplicada en Ecuador, muestra residuos como los purines y el estiércol tiene un gran aporte de fósforo y materia orgánica, los cuales si llegan a desembocar en un cuerpo de agua; se produciría eutrofización (Menéndez, 2015). De acuerdo al *Estudio de Impacto Ambiental Definitivo* (Consulsua. Cia. Ltda., 2013) en la comunidad de El Capulí, provincia del Carchi, las actividades económicas dependen de la ganadería y agricultura, lo que ha resultado en el avance la frontera agrícola y el cambio de uso de suelo reemplazando la flora y fauna nativas desde el año 1980. Según Flores (2016), el diagnóstico ambiental físico químico de agua, indica que existe contaminación por estiércol con un valor del 23%, donde priman compuestos con N y P sobrepasando los límites permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico.

1.2 Problema de investigación y justificación

La provincia de Imbabura localizada en la región andina del Ecuador presenta una variedad de climas que favorecen a actividades agro productivas. La zona escogida para este estudio, la microcuenca del río Pamplona, localizado en la parroquia de Selva Alegre, se caracteriza por un clima tropical muy húmedo al considerarse una zona de transición hacia la parte noroccidental de Pichincha (Pourrut, 1983). En este lugar, las principales actividades económicas y de sustento que se realizan son la agricultura y la ganadería de manera extensiva, lo cual ha provocado impactos ambientales debido al sobrepastoreo de bovinos perdiendo bosques primarios, los que se han convertido en áreas para el pastoreo y dejando al suelo en condiciones pobres para la regeneración vegetal de pastos naturales, afectando los servicios y funciones de la microcuenca como: el desequilibrio hidrológico, la retención e infiltración provocando altos porcentajes de escurrimiento, compactación y desertificación del suelo (Espinosa, 1993).

La parroquia Selva Alegre durante años, ha experimentado problemas entre Unidades de Producción Agropecuaria y recursos naturales, pues la producción bovina es con propósito cárnico, de modo que, los recursos suelo y agua se han visto fuertemente afectados por el incorrecto sistema de producción ganadera que se lleva a cabo en esta área rural. En la actualidad la mayoría de pequeños y medianos productores de ganado realizan sus actividades diarias de ganadería extensiva sin un método adecuado que les genere mayor utilidad y menor impacto ambiental. Su proceder es huérfano de técnicas porque su actividad es netamente empírica y al no existir estudios suficientes que indiquen los efectos ambientales causados por la actividad ganadera en la localidad, se desconocen las consecuencias que repercuten en el medio (GAD Selva Alegre, 2011).

De modo que la presente investigación pretende mostrar la influencia de los efectos que generan las inadecuadas prácticas de pastoreo y proponer estrategias ambiental y climáticamente sostenibles de ganadería para hacer un uso responsable de los recursos naturales con una visión integral del manejo de agua y suelo y generar una

dinámica positiva en la economía de los productores (Gaspari et al., 2013). Dentro de la microcuenca del río Pamplona, no existen estudios previos para utilizarlos como línea base o como referentes literarios sobre los efectos ambientales causados por el pastoreo de bovinos, por lo tanto, la presente investigación servirá como punto de partida para futuros estudios en el sitio y aportará información real y verídica del estado actual de la microcuenca en términos ambientales y sociales, convirtiéndose en un material de apoyo para la toma de decisiones en los próximos Planes de Desarrollo Ordenamiento Territorial de la parroquia Selva Alegre y en el fortalecimiento de programas de transversalización con la participación de actores sociales directos e indirectos para dar un acompañamiento científico y técnico que minimicen los efectos ambientales negativos y alcanzar el crecimiento sustentable del sector.

La presente investigación, se apega al Plan de Creación de Oportunidades en alineación con el Plan de Gobierno 2021-2025 como la directriz política y administrativa máxima para el diseño y aplicación de política pública en el país y la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible. De modo que, se hace hincapié en el a) Eje Económico Objetivo 3: Fomentar la productividad y competitividad en los sectores agrícola, industrial, acuícola y pesquero, bajo el enfoque de la economía circular, b) Eje Social Objetivo 8: Generar nuevas oportunidades y bienestar para las zonas rurales, con énfasis en pueblos y nacionalidades y c) Eje Transición Ecológica Objetivo 11: Conservar, restaurar, proteger y hacer un uso sostenible de los recursos naturales, Objetivo 12: Fomentar modelos de desarrollo sostenibles mediante la aplicación de medidas de adaptación y mitigación al cambio climático y Objetivo 13: Promover la gestión integral de los recursos hídricos. De esta manera, se vinculan los tres actores principales del desarrollo sostenible que son: el eje social, ambiental y económico para una adecuada gestión estratégica de relaciones comunitarias en beneficio de la localidad (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar los efectos ambientales del pastoreo de bovinos en la microcuenca del río Pamplona, parroquia Selva Alegre con el fin de generar propuestas de prácticas ganaderas ambientalmente sostenibles.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la carga animal actual de bovinos en la microcuenca del río Pamplona.
- Evaluar los efectos ambientales por el pastoreo de bovinos en la microcuenca del río Pamplona.
- Proponer estrategias de sostenibilidad ambiental para el pastoreo de bovinos en la microcuenca del río Pamplona.

1.4. Pregunta(s) directriz (ces) de la investigación

¿Cuáles son los efectos ambientales del pastoreo de bovinos en la microcuenca del Río Pamplona?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco referencial

A continuación, se presenta información selecta para que sirva de fundamento científico para la realización de la investigación.

2.1.1. Cuenca hidrográfica

De acuerdo a Wani y Garg (2009) una cuenca hidrográfica es un área delimitada por la línea divisoria de drenaje que es parte de un sistema hídrico, el agua fluye en trayecto hacia un río, lago o mar, además, cada afluente posee un cuerpo hídrico mayor o cuenca hidrográfica que se asocia a microcuencas para originar cuencas más grandes. Una cuenca hidrográfica es considerada la unidad ambiental básica, en donde el agua proveniente de la precipitación es captada y dirigida por medio de la línea divisoria que desarrolla un sistema del recurso hídrico superficial y comparte distribución con vertientes de menor tamaño originando un río principal, mismo que desemboca en cuerpos lóticos o lénticos (Hanumantha, 2000).

Las cuencas hidrográficas son un conjunto de interacciones entre el componente biótico y abiótico del entorno, el cauce del agua está dado por la acción de la escorrentía superficial y subterránea, que desemboca en una corriente delimitada por aspectos fisionómicos; favoreciendo el origen de ecosistemas con variación de pisos bioclimáticos y a la vez son proveedores de servicios ecosistémicos que benefician a las poblaciones aledañas, ya que son fuente principal para el desarrollo de actividades productivas (González, 2009). Para el CATIE (1996) una cuenca hidrográfica es un espacio de terreno limitado por la orografía del lugar; es decir, montañas, laderas y colinas, con una característica principal, la desembocadura de las aguas se da en un punto en común.

a. Microcuenca hidrográfica

Una microcuenca hidrográfica, al igual que la cuenca, es una unidad física que, para análisis hidrológicos, se consideran pequeños cuerpos hídricos que conforman una red de drenaje de tercer orden con un área menor a 100 kilómetros cuadrados. Es importante recalcar que las microcuencas se deben considerar bajo un enfoque social, económico y ambiental, dado que es una zona de confluencia directa de las personas que hacen uso de los recursos como suelo, agua y vegetación; en otras palabras, la microcuenca es un eje de planificación para intereses en común de una población que desarrolla actividades diarias (Rosero, 2017).

b. Manejo integral de cuencas hidrográficas

Al conformarse por características naturales y sociales, las cuencas hidrográficas requieren de un manejo integral, que minimice los impactos provocados por actividades antrópicas y maximice la función ecológica para contribuir al desarrollo sostenible. Mediante esta alternativa de gestión del recurso hídrico es posible mantener los intereses en común de la población a través de la participación social con un correcto mapeo de actores o stakeholders que sean usuarios de los servicios y recursos de las cuencas hidrográficas (Gaspari et al., 2013).

El reto en el manejo de las cuencas hidrográficas es la aplicación de las técnicas directas e indirectas que requiere la cuenca y la vinculación de los involucrados en el marco de intervención social conformado por la operación responsable (mantener altos estándares de calidad, protegiendo el medio y la biodiversidad), contribución al desarrollo sostenible de las comunidades locales (promover iniciativas sostenibles de alto impacto con enfoque de prevención) y generar confianza (relaciones basadas en el diálogo y resolución de problemas) esta intervención se estructuraran mejor y obtienen beneficios de manera más inmediata, facilitando la continuidad de acciones (Sriyana et al., 2020).

En este sentido, se establece la relación directa entre la intensidad de actividades antrópicas por factores determinantes y la salud de las cuencas hidrográficas. Las actividades productivas primarias como la ganadería; que suceden alrededor de las cuencas hidrográficas, generan daños graves a los recursos naturales por el pastoreo de bovinos, por lo que se debe considerar un plan de manejo integral para la sostenibilidad de dichos recursos y adoptar trabajos de finca o de la unidad de intervención implementando acciones a nivel de microcuenca ya que es altamente probable que los productores mantengan las tecnologías de manera continua por la asistencia y capacitación de las unidades de trabajo conformadas por facilitadores y beneficiarios (Lazo y Parraga, 2012).

El manejo integral de cuencas hidrográficas presenta una responsabilidad compartida: estado-sociedad, bajo un enfoque metodológico con tres dimensiones claves para el relacionamiento proyecto-comunidad: 1) dimensión contextual; son los escenarios característicos de la localidad y sus condiciones, 2) dimensión temática; son los procesos y asuntos de interés local, 3) dimensión actoral; son los involucrados en la gestión social y relaciones comunitarias. De esta manera se pueden definir los niveles de interrelación para proyectar la problemática de acuerdo al interés de los beneficiarios, la capacidad operativa, el contingente humano y económico y las decisiones políticas, por lo tanto, este enfoque metodológico se apega a la realidad social teniendo como eje de planificación y manejo a la cuenca hidrográfica (Behera et al., 2018).

De manera que el enfoque de cuencas es un compendio donde la planificación del agua en términos de calidad y cantidad da origen al manejo de cuencas, cuando los recursos naturales constituyen el eje central pero el recurso hídrico es el elemento integrador se habla de manejo sostenible de cuencas y cuando se amplía el campo de desarrollo donde la planificación y manejo es el ambiente con todos sus elementos y componentes; siendo el principal el agua, se da paso al manejo integral de cuencas hidrográficas. Así, para mejorar el ambiente y conservar el capital natural, la función del individuo será definir las necesidades de atención y de formular alternativas positivas para mejorar su bienestar (Francke, 2012).

2.1.2. Actividad ganadera

La ganadería es una de las actividades más importantes en la cadena de provisión alimentaria en América Latina y el Caribe, catalogada una de las más antiguas y tradicionales que genera rubros económicos muy satisfactorios para el conjunto de actores que se dedican a la crianza de ganado y a la industria encargada del procesamiento de productos derivados de los bovinos, convirtiéndose en una fuente de empleo frente a la pobreza rural. Sin embargo, la alta demanda de consumo de alimentos de origen animal en países desarrollados ha originado una mayor presión sobre los recursos naturales de los países en vías de desarrollo, situación conocida como la “revolución ganadera” asociada al deterioro de los ecosistemas por procesos de deforestación, erosión del suelo, pérdida de biodiversidad y emisiones de gases de efecto invernadero (Steinfeld et al., 2006).

2.1.2.1. Producción ganadera en Ecuador

En Ecuador, la producción ganadera es una de las actividades del sector agropecuario que influyen fuertemente en la economía nacional después del petróleo como el eje de divisas por excelencia. La ganadería es uno de los sectores con grandes repercusiones ambientales, es por ello que entidades gubernamentales como el Ministerio del Ambiente en el año 2016 estableció que los principales efectos sobre el medio natural son la degradación y pérdida de suelos, agentes contaminantes y otros. Teniendo en cuenta dichos efectos y desde el punto de vista de desarrollo económico la ganadería en el Ecuador, se trata de un sistema de producción extensivo, siendo el pasto el principal alimento, lo que en consecuencia afecta al 47% del territorio (Iturralde, 2019).

Los datos estadísticos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2021), dentro del sector agropecuario predomina el ganado vacuno con un total de 4,07 millones de cabezas a nivel nacional, concentrados en su mayoría en la Sierra con 2,11 millones de cabezas, lo que significa un 51,91% de la existencia de ganado vacuno con propósito de

producción lechera; para la Costa se tienen 1,6 millones de cabezas, es decir un 39,11% con propósito de producción cárnica y la Amazonía con una mínima cantidad de 0,36 cabezas de ganado o un 8,96% de la totalidad nacional con propósito mixto para consumo familiar. De la población nacional de ganado existente en 2021 el 69,53% son hembras por su alto valor en la industria lechera y por sus características como reproductoras de alta genética en la industria cárnica y machos son el 30,47% (Figura 1).

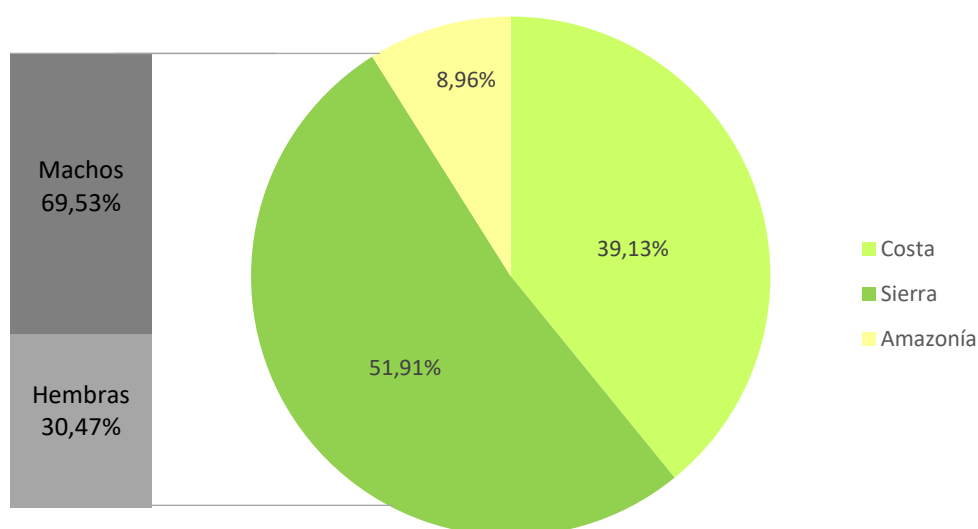


Figura 1. Existencia de ganado vacuno en Ecuador

Fuente: Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua-ESPAC 2021

A nivel provincial se presenta consecutivamente a Manabí como la provincia con mayor concentración de cabezas de ganado vacuno para el año 2021 con 862 mil cabezas el cual representa un 21,21% del total nacional, seguido por Chimborazo con 282 mil cabezas, Azuay con 350 mil cabezas, Cotopaxi con 268 mil cabezas y Pichincha con 280 mil cabezas de ganado vacuno. No obstante, en años anteriores entre 2019 y 2020 en Manabí era mayor el número de reses (Figura 2). La situación ganadera ha sufrido un encarecimiento de insumos veterinarios, vitaminas, fertilizantes y el mismo forraje debido a la pandemia por COVID-19 donde se establece que para el 2021 el ganado vacuno registró un decrecimiento del 6,20% con relación al 2020 (INEC, 2021).

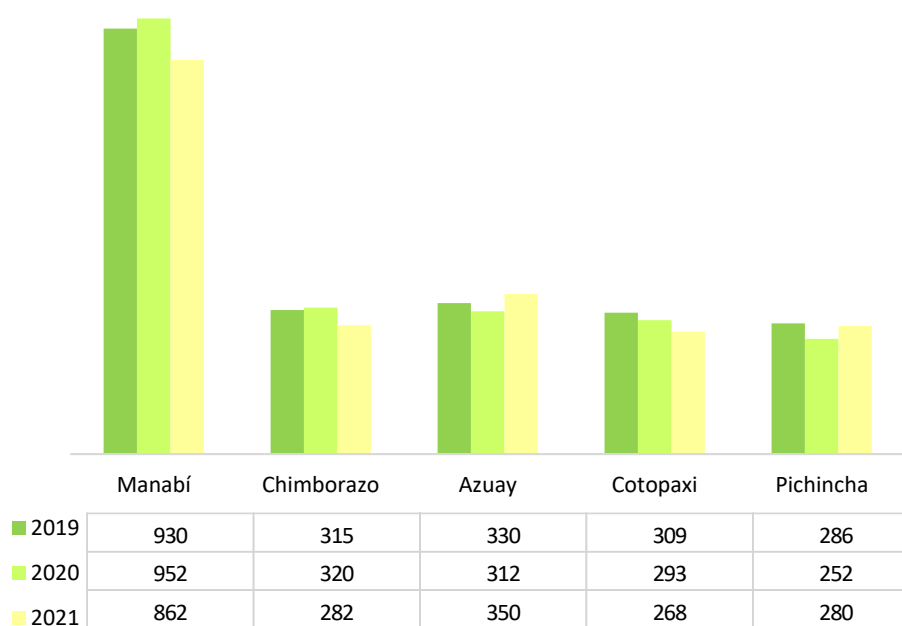


Figura 2. Concentración de miles de cabeza de ganado vacuno
Fuente: Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua-ESPAC 2021

2.1.2.1. Producción ganadera en Imbabura

La actividad pecuaria en Imbabura se desarrolla con énfasis en zonas rurales, generando empleos, el 87% de los ganaderos son pequeños productores de los cuales el 67% corresponden a la clase mercantil y el 20% a la clase marginal, el número de vacas que poseen oscila entre 3 y 30. El 13% pertenecen a la clase empresarial. Los ganaderos de la provincia de Imbabura están distribuidos en dos zonas agroproductivas, la alto andina y la zona de transición, la primera se encuentra sobre los 2800 m.s.n.m tales como las parroquias: La Esperanza en Ibarra, González Suárez en Otavalo y Sigsipamba en Pimampiro, con fines de producción lechera. En la zona de transición está el Valle de Íntag del cantón Cotacachi y la parroquia Selva Alegre de Otavalo, La Carolina y Lita de Ibarra, con una producción de doble propósito, pero por las condiciones climáticas también ganado de engorde para carne (Gobierno Provincial de Imbabura, 2021).

De acuerdo al Instituto Ecuatoriano de Normalización (2017), la provincia de Imbabura posee una alta capacidad de producción pecuaria de 105,057 cabezas de ganado bovino, puesto que posee características climáticas y ambientales que favorecen la crianza de animales productores de carne. Existen aproximadamente 58161 hectáreas dedicadas al sector agropecuario, en las cuales más del 33,78% se catalogan como Unidades de Producción Agropecuaria (UPAs) y de éstas más del 60% tienen una superficie menor a 3 hectáreas debido a la ruralidad. Sin embargo, la producción cárnica ha tomado fuerza en la provincia, desarrollando las tres etapas de este propósito: crianza, recrianza y engorde lográndose con facilidad en la zona de transición de la provincia, dando como resultados animales de peso de 700 kg hasta 1000 kg dependiendo de la raza (Albuja et al., 2020).

2.1.3. Sistemas de producción de ganadera

Los sistemas de producción ganadera asocian el flujo de energía de los animales en el proceso de obtención de un producto o servicio y el equilibrio económico que cada sistema otorga. En otras palabras, se considera a los sistemas ganaderos como una unidad de investigación que gira entorno a otros ejes: ambiental, económico y social (Vera y Vega, 1979).

En el país, predominan varias formas de explotación ganadera, entre ellas se encuentran la producción extensiva y la intensiva.

a. Extensiva

Este tipo de ganadería es el más antiguo, lo conforman razas rústicas o adaptadas al entorno donde se desarrolla de manera independiente o poco controlada por el ser humano en superficies de terreno amplia. Sin embargo, al ser un sistema relativamente libre, no se asocia a una alta productividad animal alcanzada a pesar de la disposición de campo. Los niveles de insumos externos son bajos, tanto en términos de materiales y energía. Es aquel sistema de producción que utiliza grandes extensiones de terreno,

aprovechando recursos vegetales como pastos, forrajes, hierbas propias o comunales con el fin de alimentar al ganado (Hernández et al., 2000).

Conforme a Calle et al. (2012), el sistema de crianza convencional en el cual el ganado es parte de un ecosistema natural que ha sido modificado por el ser humano y se encuentran de manera libre en grandes extensiones de superficie terrestre, en condiciones de acceso ilimitado a los recursos naturales lo que provoca poco control que se refleja en el bajo rendimiento productivo. Para Ruiz et al. (2017) la ganadería extensiva es aquella que aprovecha los recursos naturales del medio, reduciendo insumos artificiales o externos, se caracteriza por emplear especies y razas de ganado que se adaptan a las condiciones del territorio.

b. Intensiva

Sistema de crianza en el cual el ganado se encuentra estabulado o limitado a una pequeña extensión de superficie terrestre, en condiciones que favorezcan la mayor producción en el menor tiempo posible haciendo uso de medios de producción mecanizados y optimizando los procesos que propendan al constante rendimiento productivo. Este sistema intensifica los factores de producción, se caracteriza por una mayor carga animal por hectárea. Se considera un sistema de explotación sumamente tecnificada que no aprovecha los recursos de su entorno (García, 2022).

Las principales ventajas de este sistema son la eficiencia, se basa en brindar al ganado las mejores condiciones que permitan obtener un máximo beneficio en un periodo de tiempo corto y abastecer la demanda del mercado consumidor. Los productos que se derivan de esta práctica presentan homogeneidad que los hace visualmente más atractivos, es decir que, se tornan más comerciales y pueden llegar a ocupar lugares en grandes cadenas de supermercados. Sin embargo, es una práctica que consume muchos recursos y emite efluentes con alto contenido de sustancias químicas que contaminan el agua y el suelo (Reyes, 2012).

Ambos sistemas de producción ganadera tienen criterios de crianza que difieren unos del otro, pudiendo clasificarlos de varias maneras, pero que se ajustan al propósito que demande el mercado o la necesidad del productor. Los modelos de producción extensiva e intensiva tienen diferencias significativas en lo referente al territorio, insumos, tecnología y control de condiciones (Tabla 1).

Tabla 1. *Criterios de crianza de los sistemas de producción ganadera*

CRITERIO/SISTEMA	INTENSIVA	EXTENSIVA
Territorio	Delimitado	No delimitado
Pastoreo	Innecesario	Necesario
Producción	Maximizada	Adaptada al territorio
Entorno	Controlado	Aire libre
Alimentación	Base alimentaria principal pastos y forrajes	Pastoreo, subproductos agrarios
Aditivos alimentarios	Permitidos y utilizados (antibióticos, vitaminas)	Suplementación ocasional (sales, complementos)
Sanidad	Convencional (requisitos mayores)	Convencional (requisitos menores)
Estabulación	Permanente (superficies admitidas legalmente)	No permanente (superficies de acceso libre)
Insumos	Altos	Bajos
Razas	De alto rendimiento	Adaptadas al territorio
Multifuncionalidad	Baja	Alta
Regulación	Establecidas en la normativa legal	No existe una normativa legal específica
Contaminación	Masas de deyección	Intervención natural

Fuente: *Fundación Entretantos, 2018.*

2.1.4. Pastoreo

Es el encuentro del animal con el pasto, donde intervienen por parte del animal el aparato digestivo para la ingesta y procesamiento y sus extremidades en el pisoteo del suelo, por otro lado, la hierba aporta al animal herbívoro componentes nutricionales: proteína, fibra y agua y estructurales: densidad, altura y hábito de crecimiento. En otras palabras y para efectos prácticos, se define el pastoreo como la acción de alimentación directa de animales con el pasto sobre el cual se desplazan y pisotean de manera continua o semicontinua para suplir sus necesidades y asegurar su crecimiento, reproducción y producción (Martín, 2011).

En tal sentido, para mantener el equilibrio entre el suelo, animal y planta es necesario enfrentar las dos limitantes de mayor importancia en el manejo de pastos por parte de los ganaderos: 1) inadecuada división de parcelas y 2) desconocimiento de las características agronómicas de las especies de pastos, entonces con un correcto pastoreo, el ganado obtendrá mejor aprovechamiento de pastos y forrajes con resultados notorios en términos de calidad del producto final según el propósito, sanidad animal generando animales con alta resistencia a enfermedades y conservación del medio natural con la sucesión natural de pasturas (Sierra, 2002).

2.1.4.1. Sistemas de pastoreo

Son alternativas de uso de las pasturas por animales herbívoros en pastoreo. Tiene como objetivo hacer producir al campo gran cantidad de forrajes de alta calidad durante un periodo de tiempo extendido. El sistema de pastoreo se ha considerado como una herramienta de manejo muy relevante para los ganaderos, por medio del cual se ejerce control sobre el consumo de pasto del animal. Sin embargo, aplicar un sistema de pastoreo implica un reto en la toma de decisiones para el productor, pues supone poner en práctica el conocimiento teórico sobre nutrición y comportamiento animal, fisiología de plantas forrajeras (Vallentine, 2001).

a. Pastoreo continuo

El pastoreo continuo es un sistema en el cual los animales permanecen durante un periodo de tiempo prolongado en el mismo terreno pastable. Por lo general, este sistema se aplica en pastos naturales donde el productor puede optar por generar divisiones en parcelas del terreno, pero no significa que haya un control, pues los animales pueden estar distribuidos en dichas divisiones, pero todo el tiempo hacen uso de esa extensión de tierra pastable. En este sistema, los animales tienen libre capacidad de selección de pastos pues por regla general, la capacidad de carga de estos sistemas es relativamente bajo, caso contrario, los animales defoliarán los rebrotes de las especies más palatables, sin tiempo de intervalo para la sucesión natural (San Miguel, 2003).

Por lo tanto, este sistema tiene un uso muy heterogéneo del pasto, donde las zonas con pastos más palatables serán descubiertas en el menor tiempo posible, mientras que las menos palatables tienden a acumular material senescente como resultado de la alta producción de biomasa y bajo aprovechamiento de pastoreo. Esto conlleva a propagación de malezas, pérdida de organismo simbióticos e infestación de parásitos externos e internos de los animales por la inadecuada distribución de las heces y orina en la pastura. Quizás es la forma de pastoreo que implica una baja o nula inversión; pero representa un alto costo en términos de uso de pastos y degradación de pasturas (Pezo, 2018).

b. Pastoreo rotacional

El pastoreo rotacional es un sistema en el cual el terreno se subdivide en cierto número de parcelas, de manera que los animales se desplazan de una parcela a otra (período de ocupación) por un período relativamente corto, mientras que en las otras parcelas donde no hay carga animal tienen la oportunidad de recuperarse después del pastoreo (período de descanso) utilizando eficientemente la pastura disponible. La duración de los ciclos de pastoreo en cada subdivisión, está dada en función de las especies de forraje presentes, el cálculo de la carga óptima animal, las prácticas

agronómicas y el propósito de producción del ganadero. Para aplicar este sistema de pastoreo, se debe utilizar especies de pasturas mejoradas para obtener mayor rendimiento y con animales de alto potencial de producción y grupos extensos de bovinos (Montero, 2006).

Dentro de este sistema, el período de ocupación depende de la disponibilidad de pasto existente en la parcela y el número de animales destinadas al lote. El periodo de reposo está dado por el grado de revegetación y rebrote de las especies, es por ello que este sistema, básicamente tiene como objetivo el mayor aprovechamiento del pasto en la etapa de alto valor nutricional. El pasto debe ser aprovechado en el menor tiempo posible, para evitar que la carga animal evite el consumo de los rebrotes y por consecuencia la pastura se debilite debido al agotamiento de las reservas nutricionales radicales. La inversión que se requiere para este sistema es elevada por la infraestructura, pero se compensa en productividad animal cuando es manejado correctamente (Murgueitio, 2010).

c) Pastoreo racional

Fernández (2007) señala que el pastoreo racional es una técnica que implica una planificación a partir de conocer y aplicar ciertas leyes y fundamentos basados en la fisiología de los pastos; desarrollo de plantas forrajeras y requerimientos del animal; nutrientes que obtiene el animal al pastorear, además de conocer el proceso de defoliación en la capacidad de rebrote según las especies. El propósito de un buen sistema de pastoreo racional proyecta al productor a hacer un uso eficiente de los recursos suelo y agua con efectos sobre las múltiples interacciones entre los componentes del agroecosistema pastura.

De acuerdo a Voisin (1963) definió al pastoreo racional de la siguiente forma: "El sistema de pastoreo racional es la más avanzada y eficiente técnica de manejo de los pastos, basada en armonizar los principios de la fisiología vegetal con las necesidades cualitativas de los animales, con el mejoramiento creciente del suelo, a través de los procesos bióticos, bajo la intervención del hombre, orientado a

controlar el crecimiento de pasturas y el acceso de los animales a las mismas y conseguir varios objetivos al mismo tiempo"

A continuación, se presentan las tres leyes de pastoreo racional de Voisin que cita Cabezas et. al. (2019) en Ganadería Sostenible: guía de prácticas para el Noroccidente de Pichincha:

- *Primera ley-reposo:*

Para que el pasto cortado por el diente del animal vuelva a su máxima productividad, es necesario que, entre dos cortes a dientes sucesivos, haya pasado un tiempo suficiente que permita al pastizal 1) almacenar energía en sus raíces para el rebrote y 2) producir su máximo rendimiento diario.

- *Segunda ley-tiempo de ocupación:*

El tiempo total de ocupación de una parcela debe ser corto para que el pasto cortado a diente en el primer día no sea cortado otra vez antes de que los animales dejen la parcela.

- *Tercera ley-rendimiento regular:*

Para que haya mayor productividad animal, el animal no debe permanecer más de tres días en una misma parcela.

2.1.5. Pastos en Ecuador

La ganadería en el país es una actividad que depende fuertemente del pastoreo. Los pastos constituyen una opción de alimento económica y accesible para la alimentación del ganado, además ofrecen una serie de nutrientes que potencian el desempeño animal, por lo tanto, es de suma importancia invertir en tecnología que propenda al mejoramiento de pastos y su influencia se verá reflejada de manera directa en la productividad animal de carne, leche o lana.

2.1.5.1. Importancia de los pastos y forrajes

Conforme lo indica la FAO (2018), los pastizales se desarrollan en áreas donde existan condiciones óptimas de humedad, fertilidad, pH y poca perturbación urbana. Se estima que el 26% de la superficie terrestre mundial y el 70% de la superficie agrícola mundial están cubiertas por praderas, que son la base de subsistencia para aproximadamente 800 millones de personas. Aparte de ser una fuente de alimento para el ganado, constituyen un hábitat para la flora y fauna silvestres, mantienen el suelo cubierto, retienen agua en zonas altas, conservan recursos fitogenéticos.

En el Ecuador la superficie de pastos es mayor frente a cualquier otro tipo de cultivo. De acuerdo a la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC (2021), indica que 5,29 millones de hectáreas se encuentran bajo labor agropecuaria y dentro de esta superficie los pastos cultivados se extienden a 2,38 millones de hectáreas o 44,94%, los cultivos permanentes tienen un uso agropecuario de 1,42 millones de hectáreas o 26,84%, los cultivos transitorios y barbecho con una extensión de 0,84 hectáreas un valor del 15,87% y los pastos naturales se distribuyen en una superficie de 0,65 millones de hectáreas es decir el 12,22% (Figura 3).

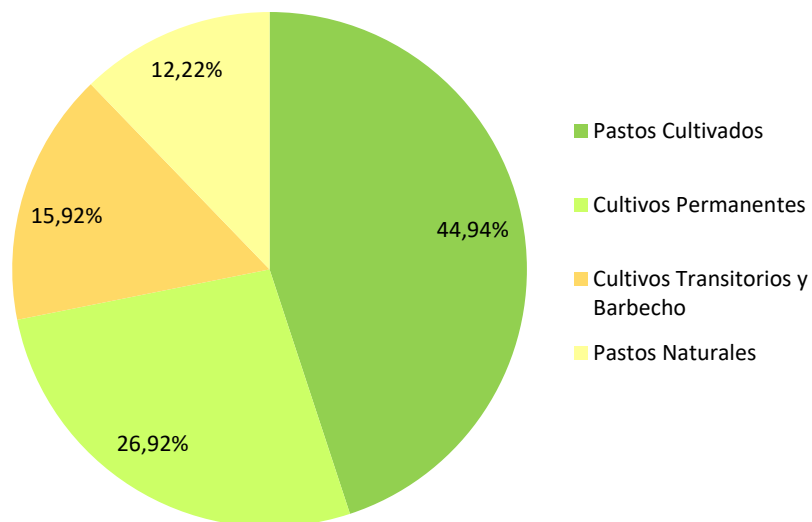


Figura 3. Superficie con labor agropecuaria

Fuente: Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua-ESPAC 2021

Por otra parte, con datos de la ESPAC (2021), la superficie nacional con pastos dada en las regiones naturales se conforma de la siguiente manera: 1) Costa con el 56,64%, 2) Sierra con el 28,43%, 3) Amazonía y zonas no delimitadas con el 14,94% (Figura 4). Los principales pastos que se manejan para la ganadería corresponden a sayoba con 897 millones de hectáreas o sea el 37,67%, pasto mixto con 658 millones de hectáreas lo que representa el 27,63%, pasto miel con 183 millones de hectáreas es decir el 7,67%, otros pastos con 0,39 millones de hectáreas o el 16,34%, brachiaria con 0,13 millones de hectáreas o el 5,70% y gramalote con una superficie plantada de pasto de 0,11 millones de hectáreas lo que representa el 5% de la superficie de pastos totales en el país.

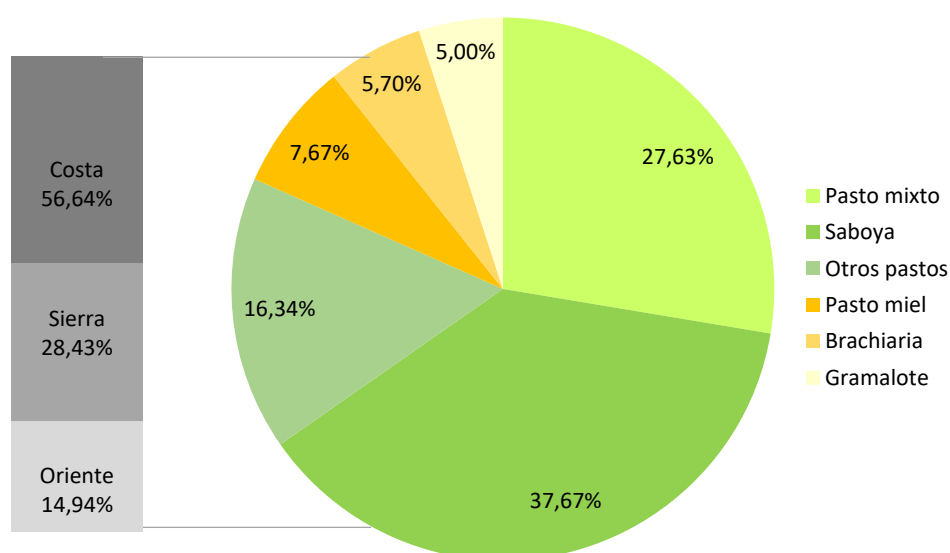


Figura 4. Superficie plantada por tipo de pasto

Fuente: Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua-ESPAC 2021

2.1.6. Carga animal

La carga animal se define como la relación directa entre el número de animales por unidad de tierra en un tiempo determinado. Se considera uno de los aspectos de manejo productivo más importantes, dado que define la eficiencia productiva y la estabilidad ecológica de los recursos naturales, es decir, una carga muy por debajo de lo normal conduce al desaprovechamiento de los pastos y promueve la selectividad del animal, mientras que una carga muy por sobre lo normal conlleva

a la una acelerada defoliación, reducción de la sucesión natural del pasto o tiempo de reposo, disminuyen la eficiencia de las pasturas, pérdida de nutrientes en el suelo debido al exceso de heces, orina y pisadas. El término carga animal genera imprecisión en la unidad de tiempo y el tipo de animal. Por tal motivo, se recomienda usar la expresión Unidad Adulta (UA) que hace referencia al peso vivo de un animal de 500kg, entonces se tendría una expresión de UA/ha/tiempo (Flores, 2017).

Se utilizaron los pesos y edades aproximados de terneros, terneras, vaconas, toretes, vacas y toros en función del propósito; ganado seco, y se definieron como Unidades Animales (UA) que es aquella unidad de demanda ejercida por el ganado en sistemas extensivos, de tal manera, que la relación que existe entre el pasto como oferta o capacidad de potencial de pasto y; animal como demanda o carga ganadera para satisfacer las necesidades nutricionales, de acuerdo a las equivalencias de UA teniendo en cuenta los efectos del Peso Vivo (PV) y el fin productivo, por lo tanto, la UA es la demanda de pasto equivalente a 10kg de materia seca por día de una vaca seca o de carne de 500 kg PV (Figura 5) (Dulphy et al., 1987).

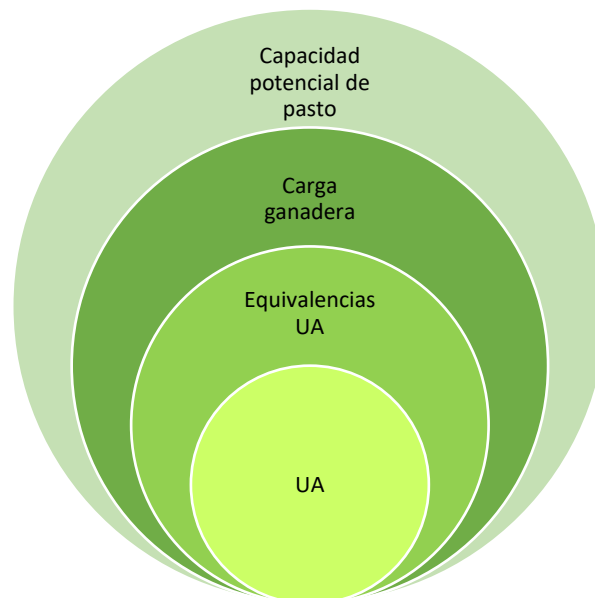


Figura 5. *Distintos grados de Unidad Animal*
Fuente: (Dulphy et al., 1987)

2.1.7. Capacidad de carga

La capacidad de carga o también llamada capacidad de sustentación de una pradera, se define como la cantidad o número de animales que soporta una unidad de superficie vegetal en forma productiva por un período de tiempo establecido para el pastoreo. Es decir que, esta variable está dada en función de factores climáticos y edáficos que determinan el potencial del terreno pastable. Este concepto también puede entenderse como el nivel de defoliación aceptable que permita a la composición botánica del pastizal recuperarse del pastoreo y brinde suficiente biomasa para protección del suelo (Holechek et. al., 2011).

2.1.8. Presión de pastoreo

Hernández (2007) indica que cuando se relaciona la carga animal con el rendimiento, se habla de presión del pastoreo, la cual se define como la demanda de animales presentes sobre la disponibilidad de forraje en el momento del pastoreo, es decir, la cantidad de forraje que le otorga la superficie productiva al animal, por ejemplo: 25 kg de masa seca por Unidad Animal durante un día. La presión de pastoreo se puede expresar también como kg de peso vivo (PV) por 100 kg de forraje disponible o su recíproco, que es la oferta de porcentaje de materia seca por cada 100 kg de peso vivo del animal. Esta última definición describe lo que se conoce comúnmente como asignación de forraje.

Para una condición dada, la presión de pastoreo está directamente relacionada con la carga animal, ya que, para una producción de forraje, al aumentar el número de animales en la superficie de terreno, la disponibilidad disminuye; es decir, aumenta la presión de pastoreo. En la actualidad, esta situación se ha intensificado debido a que no se calculan una correcta carga animal (número de animales) y capacidad de carga (sustentación del suelo), generando altas presiones de pastoreo, lo que significa, baja productividad por pradera, especialmente, en campos constituidos por especies que difieren en su morfofisiología (Ruíz, 1985).

2.1.9. Efectos ambientales de la ganadería

Las necesidades de alimentación crecen con el incremento de la población mundial. Lo que conlleva a la búsqueda de nuevas tierras para la producción de alimentos, en América Latina se estima que se pierde entre el 0,3 y 0,4% del bosque anualmente para dar espacio a pastizales, haciéndolos propensos a la erosión, también este importante sector de la economía aporta al medio ambiente el 19% de CO₂ y otros gases de efecto invernadero como el metano; responsables en gran parte del cambio climático (FAO, 2015). Otro de los grandes efectos es la degradación de la tierra, proceso mediante el cual se pierde la capacidad presente y potencial del suelo, y, por ende, la de todos sus componentes; agua, bosques, sistemas agrícolas, que generan bienes y servicios cuantitativos y cualitativos. (Steinfeld et al, 2006).

a) Sobrepastoreo

La carga animal excesiva en un terreno de pastoreo o producción de forraje, se refleja en el pisoteo del ganado, llamado sobrepastoreo, que ocasiona la ruptura de composición física del suelo, de manera que, los nutrientes y la materia orgánica son arrastrados y trasladados hacia las partes bajas o hacia los cuerpos hídricos. Es decir, que el suelo pierde su capacidad de retención de agua en zonas de recarga hídrica o de páramo, desecándolo y empobreciéndolo. El pastoreo excesivo es la principal causa de la reducción de cobertura vegetal por intervalos de recuperación mínimos, que exponen al suelo descubierto a las diferentes condiciones ambientales que desencadenan los procesos erosivos, compactación y pérdida vegetal, en América del Sur se estima que la degradación del suelo es del 73% (Arango, 2015).

El sobrepastoreo ocurre de manera automática cuando los animales permanecen por un lapso de tiempo prolongado en la misma extensión de terreno y regresan a alimentarse en los puntos que se sirvieron de forma inicial los primeros días. Además, puede provocarse también porque los productores vuelven a colocar la carga animal sobre una parcela ya pastoreada, es decir, se trata de sobrepastoreo de frecuencia. Por el contrario, se habla de sobrepastoreo por intensidad cuando los

animales no satisfacen el requerimiento de alimento en la superficie dada e insisten en los golpes de dientes en el mismo lugar (Martínez, 2004).

De acuerdo a López (2008), el pastoreo en zonas semi áridas, principalmente en los bosques secos del Ecuador, que corresponden a la provincia de Manabí, uno de los mayores territorios de producción ganadera con fines cárnicos, de razas criollas y razas genéticamente modificadas, genera un gran impacto en los sistemas de vegetación natural. En Manabí, se realizan prácticas de pastoreo trashumancia, que consiste en la búsqueda de pastos y zonas más húmedas, de modo que, el ganado, durante el trayecto, se moviliza alimentándose de la vegetación que encuentra a su paso, provocando un excesivo pisoteo en el suelo. Gran parte de las plantas no pueden regenerarse de manera natural por el sobrepastoreo, en dicho peregrinar el efecto es la pérdida de pastos naturales e incremento de la susceptibilidad a fenómenos climáticos severos en la Costa ecuatoriana.

b) Producción de metano

Los cálculos de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) realizados por el Intergovernmental Panel on Climate Change (2014), sostiene que eventualmente, resultan en aumento de la temperatura de la tierra que puede tener efectos negativos en la calidad de vida de la población y de los recursos naturales. Steinfeld et al. (2006) indica que la actividad humana es responsable de la emisión de gases que tienen efecto directo sobre el medio ambiente, la ganadería en general emite el 9% del total de dióxido de carbono (CO₂); es responsable del 37% de las emisiones de gas metano (CH₄) provenientes de la fermentación entérica y el estiércol participa con 65% de las emisiones globales de óxido nitroso y emite el 64% de amoníaco global.

Dentro de la ganadería intensiva se establece una relación directa entre la eficiencia productiva y las emisiones de CH₄, es decir, que si se suministran pasturas de alta calidad nutritiva al ganado bovino el proceso digestivo genera menor cantidad de gas metano, minimizando las emisiones a la atmósfera y acortando el tiempo de

pastoreo, debido a que alcanza más rápidamente el peso corporal requerido para el fin productivo. Situación que se contrasta en el sistema de ganadería extensiva, ya que no existe dicha relación, porque los fines no se rigen por la producción industrial; son multifuncionales, por lo tanto, se producirán mayores emisiones de CH₄, al medio al no controlar la dieta y selectividad de pasturas del bovino, permaneciendo más tiempo en actividades de pastoreo (Martha, 2009).

Las emisiones de GEI del sector ganadero a nivel mundial se dan bajo el compuesto metano (44%), óxido nitroso (29%) y dióxido de carbono (27%). El primero tiene más potencial dañino que el mismo CO₂, y es producido por la fermentación entérica bacteriana de archeas que habitan en el sistema digestivo de los rumiantes. El metano se genera en mayor cantidad cuando la dieta de los animales está basada en carbohidratos o alimentos fibrosos como los pastos, principal alimento de los sistemas ganaderos nacionales. El proceso de emisión de metano, en el caso de la ganadería se potencia bajo la forma de fertilizantes para pasturas o como orina y excretas durante el pastoreo de ganado al proporcionar abono a los cultivos forrajeros (IPCC, 2007).

c) Consumo de agua

Los sistemas de ganadería extensiva con el fin de reducir costes de producción en la crianza de bovinos y por la falta de delimitación de territorio para esta actividad, ha visto en las cuencas hidrográficas una fuente permanente para el abastecimiento del líquido vital del ganado. Sin embargo, el requerimiento de agua para las especies bovinas debe cumplir criterios de calidad, independientemente del fin de explotación animal, entre ellos se destacan: parámetros microbiológicos, parámetros químicos y parámetros indicadores, éstos inciden sobre la salud y bienestar animal, además de proteger los recursos hídricos de la contaminación que pueden generar las actividades ganaderas (Jiménez, s.f.).

Dentro de la producción ganadera, el agua juega un rol importante que se determina en términos de calidad, pues su carencia y asepsia puede afectar de forma negativa el organismo del bovino. Estas especies mantienen un peso corporal que oscila entre el 55% y 88% de agua, conforme sea su fin de producción, se estima que para la producción de un litro de leche se requieren 1000 litros de agua por bovino, mientras que para obtener un kilogramo de carne se necesitan de 5000 litros a 20000 litros de agua, dependiendo de la raza bovina. Con esta premisa, el agua puede llegar a afectar la función digestiva de los animales, la reproducción, el metabolismo, la oxigenación, la regulación de temperatura y la locomoción, en términos generales influye de manera directa a la salud, sanidad y producción animal (González, 2018).

Los requerimientos netos de agua de especies bovinas están dados por la cantidad de agua necesaria para mantener el balance corporal. Las mismas que equivalen a la suma de las pérdidas de agua en excretas y orina, pérdidas evaporativas para regular la temperatura corporal, más el agua retenida en el cuerpo en tejidos para el crecimiento y preñez, así como la secretada en la leche. Estas cantidades no son fijas, sino que varían en función de numerosos factores (Duarte, 2013).

Tabla 2. Factores de requerimiento de agua de bovinos

TIPO	FACTORES
Ambiental	Temperatura ambiente Variación diaria de temperatura Humedad relativa Lluvia Viento
Dietético	Contenido de humedad Contenido de nitrógeno Contenido de fibra Sal del alimento
Animal	Peso vivo Estado fisiológico Nivel productivo Consumo diario de materia seca

Fuente: Duarte (2013).

d) Laderas o terracillas

Los suelos de laderas o terracillas están sujetos a un proceso natural de erosión-sedimentación, es un proceso geomorfológico producido por el deslizamiento de tierras por movimientos en masa, el cual se intensificó en las últimas décadas con las prácticas agropecuarias, que no hacen un correcto uso de suelo enfocado a sus aptitudes por lo que se ha reducido la fertilidad y dañado la estructura, volviéndolo difícil de recuperar (Uribe et al., 2000). La compresión del suelo de terracillas consiste en la disminución de su volumen por la aplicación de una alta carga animal. Cuando este proceso ocurre sobre suelos saturados (todos los espacios vacíos del suelo llenos de agua) se denomina consolidación, y compactación cuando esta ocurre sobre suelos parcialmente saturados. En el primero de los casos la reducción de vacíos se da por la salida de agua de los espacios vacíos y en el segundo casos por la salida del aire (Bradford y Gupta, 1986).

La erosión acelerada que presentan estos suelos conduce a la degradación, proceso que no se detiene por la presencia de ganado bovino y el reemplazo de cobertura vegetal boscosa que ayuda a retener el suelo y evitar desastres ambientales, es de uso de pastos y forrajes para el alimento de bovinos. De acuerdo a Lao y Pelaez (2018), manifiesta la importancia de las herramientas de teledetección para aplicación de modelos que identifiquen terracillas, con el fin de gestionar un adecuado uso del suelo que dinamice la economía y planifique el ordenamiento territorial.

2.1.10. Ganadería climáticamente inteligente

En Ecuador, el fenómeno del cambio climático dentro de un contexto global y la importancia para gestionar estrategias en sectores productivos fue reconocido a partir del año 2009, por medio de la promulgación del Decreto Ejecutivo 1815, donde se declara a la Adaptación y Mitigación del cambio climático en un marco de Política Pública de Estado, acto seguido, se expide la Estrategia Nacional con vigencia desde el año 2012 hasta el 2025, alineados con los compromisos como país

firmante de la Convención Marco de Naciones Unidas (CMNN) en la lucha contra el Cambio Climático desde el 9 de junio de 1992.

En la Estrategia Nacional, un sector priorizado es la ganadería y catalogada como actividad vulnerable por los altos impactos ambientales que genera en diversos recursos. Por lo que, se dirigen esfuerzos para la ejecución y aplicación de acciones que permitan reducir los efectos a nivel local frente al cambio climático, a través de la incorporación de tecnologías que aumenten los estándares de producción (Gobierno Nacional de la República del Ecuador, 2015). Estas alternativas tienen concordancia con la capacidad adaptativa de un sistema, para tolerar, recuperar o ajustarse positivamente a cambios climáticos, es decir, que un sistema ganadero se torna más o menos adaptable frente al grado de potencial del impacto por la exposición y sensibilidad, es decir, se relacionan de manera directamente proporcional (Figura 6) (Aguirre et. al., 2015).

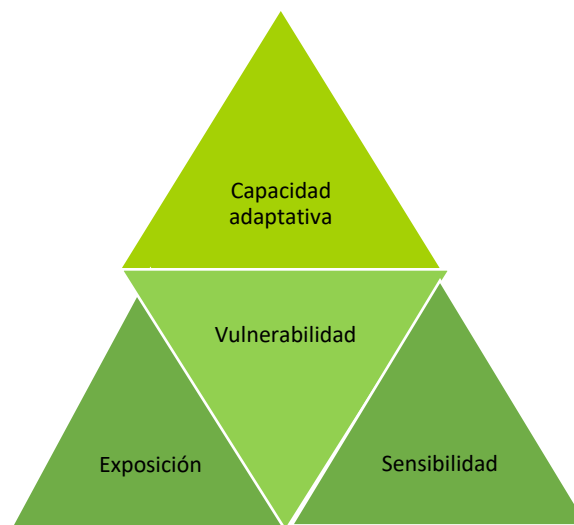


Figura 6. Capacidad adaptativa de un sistema ganadero
Fuente: (Engle, 2011)

En Ecuador, el proyecto de Ganadería Climáticamente Inteligente tiene cuatro componentes: 1) Política Pública y Fortalecimiento institucional para coordinar e incorporar el enfoque de GCI dentro del territorio con la participación de la comunidad como agentes de cambio; 2) Estrategias de Transferencia para la

difusión e implementación de nuevas herramientas y tecnologías para el manejo del ganado en los diferentes sistemas de explotación; 3) Monitoreo Ambiental de las emisiones de GEI y de la resiliencia de las zonas de influencia directa e indirecta con un análisis de vulnerabilidad del sector pecuario; 4) Administración, el proyecto debe estar enmarcado en un sistema de participación social que englobe a todos los actores del sector productivo.

Adelante se enlistan una serie de estrategias climáticamente inteligentes aplicables a sistemas de explotación ganadera, dentro del contexto de cambio climático:

Tabla 3. *Estrategias de Ganadería Climáticamente Inteligente*

	ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN
a	Zonificación y ordenamiento	Analizar diferentes oportunidades de uso de suelo el desarrollo de la actividad
b	Mejoramiento del sistema de pastoreo	Parcelar extensiones de terreno para el consumo de pastos y permitir el descanso y regeneración natural sucesiva
c	Manejo de excretas	Generar fertilizantes orgánicos que reemplacen las sustancias químicas
d	Sistemas silvopastoriles	Asociar especies vegetales de biotopo arbóreas para la simbiosis del área de estudio
e	Plan hidrológico	Garantizar el acceso al agua a todos los animales
f	Bienestar animal	Asegurar la sanidad y nutrición animal con alimento de calidad y agua limpia, que se refleje en el aumento de producción
g	Pastos mejorados	Sembrar semillas de pastos ajustados a las condiciones del suelo, que favorezca la abundancia y permanencia en todas las épocas del año
h	Razas mejoradas	Mejorar genéticamente el hato para aumentar la producción y reducir el consumo de recursos

Fuente: Ministerio del Ambiente del Ecuador (2019).

2.2. Marco legal

Se considera a la legislación vigente que regula la conservación, manejo y uso sustentable de los recursos naturales. En este sentido, como se menciona en la carta magna de la República del Ecuador, suscrito en el Art. 424, la Constitución es la norma superior y predomina sobre cualquier otra norma del orden jurídico. De acuerdo al Art. 425, basándose en la pirámide de Kelsen, la Constitución es la primera norma en ser considerada, siguiendo con los tratados y convenios internacionales, y en última instancia con los demás actos y decisiones de los poderes públicos.

2.2.1. Constitución de la República del Ecuador

El artículo 276 expresa en uno de sus objetivos para el régimen de desarrollo, la importancia de vivir en un ambiente sano y las acciones para recuperar y conservar la naturaleza de tal manera que se garantice el acceso a de agua, suelo y aire de calidad. Dentro del artículo 395 se manifiesta la participación activa de todos los entes sociales afectados por actividades que ocasionen impactos ambientales. Así mismo, el objetivo 396 resalta que el Estado es el encargado de adoptar medidas y políticas que eviten los impactos negativos al ambiente; aun existiendo certidumbre de daño. Al presentarse daños ambientales el estado debe velar, implementar estrategias de prevención y control para un correcto manejo de recursos naturales con enfoque de recuperación de espacios degradados, contemplado en el objetivo 396 literal 2.

El artículo 409 menciona la conservación del suelo y su capa fértil como prioridad nacional para la conservación amparado en normas para uso racional que prevengan la contaminación y erosión. Y el artículo 410 indique que el Estado debe apoyar a las comunidades rurales para el desarrollo de prácticas agrícolas ligadas a la conservación y restauración del recurso suelo por ser un factor importante para la soberanía alimentaria del país.

Toda la producción primaria del sector agropecuario hace uso del recurso hídrico y dentro de los artículos 411 y 412 se expresa que éstas actividades deben ser reguladas para evitar contaminación en zonas de recarga con el fin de acceder a agua de calidad. Y la gestión del agua debe darse en un marco de enfoque ecosistémico.

2.2.2. Convenios internacionales

El Convenio de Róterdam sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo para la importación de ciertas Sustancias Químicas Peligrosas y Plaguicidas. Promueve la responsabilidad compartida en el comercio internacional de ciertos productos químicos con la finalidad de proteger la salud humana y el ambiente por posibles afectaciones y contribuir con la utilización ambientalmente racional de dichos elementos en las prácticas agropecuarias. El convenio se desarrolla en trabajo conjunto entre los Estados miembros del mismo. Con base en ello, se han establecido acciones y políticas que ha adoptado Ecuador para restringir y eliminar el consumo de ciertos plaguicidas que pueden representar una amenaza ante el patrimonio del Estado. Ecuador ratifica la adhesión al Convenio el 4 de junio de 2004.

Igualmente, en la Declaración del Milenio dentro de su objetivo IV de la protección de nuestro entorno común en el numeral 23 señala la importancia del medio ambiente y su conservación con resguardo las actividades amigables y éticas en relación con el medio ambiente, además de incrementar los esfuerzos a favor de una organización adecuada que garantice el desarrollo sostenible y la conservación del entorno ambiental.

2.2.3. Leyes orgánicas

El Código Orgánico de Organización Territorial, COOTAD (2010) mediante los artículos 54 y 136 indican las competencias de gestión ambiental de los GADs

parroquiales rurales y la participación de la población en proyectos de manejo sustentable de los recursos naturales, regulando, previniendo y controlando la contaminación ambiental, especialmente de fuentes hídricas y suelo.

Conforme al Código Orgánico del Ambiental en el artículo 5 literales 4, 5, 6 y 7, la población tiene el derecho a vivir en un ambiente sano donde se promueva la conservación y uso sostenible de fuentes hídricas y suelo evitando procesos de erosión. En caso de presentarse daños ambientales es obligatoria la reparación integral sin exclusión de ninguna persona y también en la ejecución de actividades u obras los procesos deben tener una evaluación de impacto ambiental.

Los artículos 9, 10 y 11 se refieren a los principios ambientales, su cumplimiento y responsabilidad, donde sobresale el mejoramiento de tecnologías para desarrollar alternativas no contaminantes y de bajo impacto ambiental con proyección a un desarrollo sostenible que favorezca a los ámbitos económicos, sociales culturales y ambientales. Los artículos 109 y 118 orientan a la prevención y mitigación de suelos erosionados y degradados priorizando actividades de regeneración natural, por otro lado, los artículos 191 y 197 se instituye un monitoreo de la calidad de suelo donde las instituciones proporcionaran información con la finalidad de prescribir causas, efectos y medidas para fomentar su rehabilitación y se regula las actividades que afectan al suelo en el caso de ser necesario prohibirlas y se toma como prioridad las zonas con pendientes elevadas y bordes de cuerpos de agua.

Por su parte, la Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales (2016) en sus artículos 4, 7, 11, 12 y 44 que hace referencia al uso adecuado de tierras rurales respetando la aptitud agroclimática del suelo y con garantías de mantener los derechos de las comunidades, su desarrollo, distribución equilibrada de tierras y permanencia cultural pero enmarcado en el uso adecuado y eficaz del recurso y basado en la sostenibilidad del medio ambiente y el cuidado de la naturaleza.

Según el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) Registro Oficial N° 316 de 4 de mayo de 2015, última modificación el 05

de julio de 2015. Expresa el libro VI de la Calidad Ambiental del Texto Unificado de Legislación Secundaria, los procedimientos o directrices para el estudio de impacto ambiental y regula las actividades y responsabilidades políticas y privadas en materia de calidad ambiental.

2.2.4. Plan Nacional de Creación de Oportunidades

El estudio se enmarca en el a) Eje Económico Objetivo 3: Fomentar la productividad y competitividad en los sectores agrícola, industrial, acuícola y pesquero, bajo el enfoque de la economía circular, b) Eje Social Objetivo 8: Generar nuevas oportunidades y bienestar para las zonas rurales, con énfasis en pueblos y nacionalidades y c) Eje Transición Ecológica Objetivo 11: Conservar, restaurar, proteger y hacer un uso sostenible de los recursos naturales, Objetivo 12: Fomentar modelos de desarrollo sostenibles aplicando medidas de adaptación y mitigación al cambio climático y Objetivo 13: Promover la gestión integral de los recursos hídricos. Dicho accionar político y social se enfoca en la transición ecológica del Ecuador en toda su producción.

CAPÍTULO III

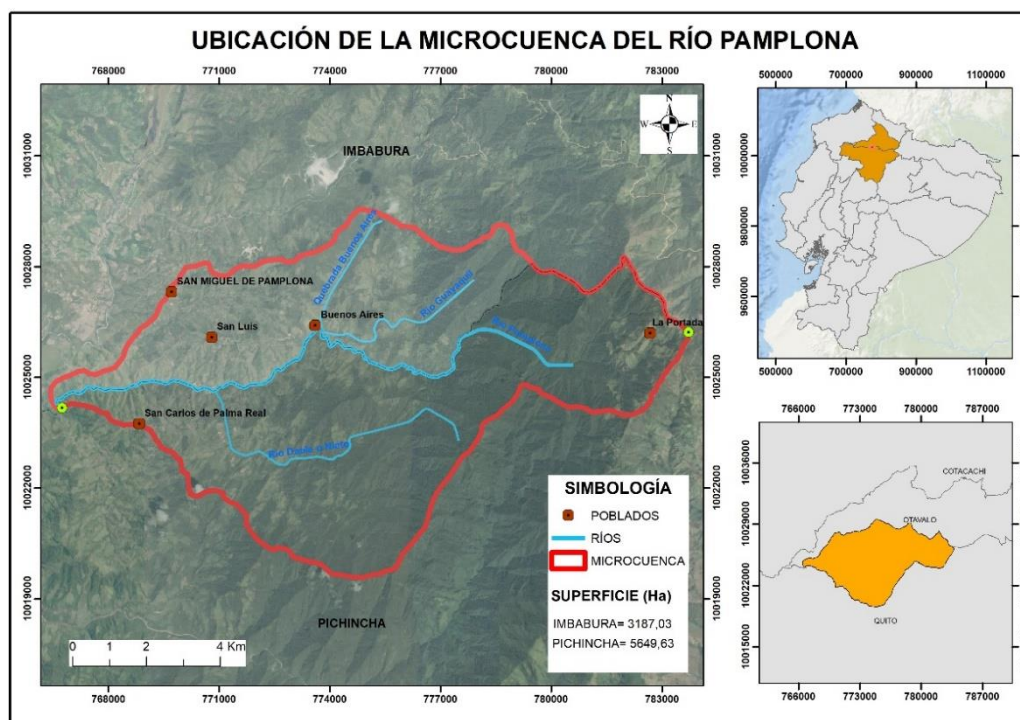
METODOLOGÍA

En el presente capítulo se dan a conocer las distintas técnicas, métodos y procedimientos que se utilizaron para llevar a cabo la investigación.

3.1. Descripción del área de estudio

De acuerdo al GAD Selva Alegre (2011), la microcuenca del río Pamplona se ubica entre las provincias de Imbabura y Pichincha, con 3187,03 hectáreas y 5649,63 hectáreas respectivamente, en las parroquias Selva Alegre y San José de Minas de los cantones Otavalo y Quito. La microcuenca tiene una extensión total de 8836,66 hectáreas. La microcuenca se encuentra en un rango altitudinal de 1120-3518 m.s.n.m con una superficie de 89, 12 km² (Figura 6). El río Pamplona es afluente del río Íntag, los dos drenajes confluyen en el sector de La Unión.

Figura 7. Ubicación de la microcuenca del río Pamplona



Las principales actividades de las comunidades de la parroquia Selva Alegre se indican en la Tabla 4.

Tabla 4. *Actividades productivas de la parroquia*

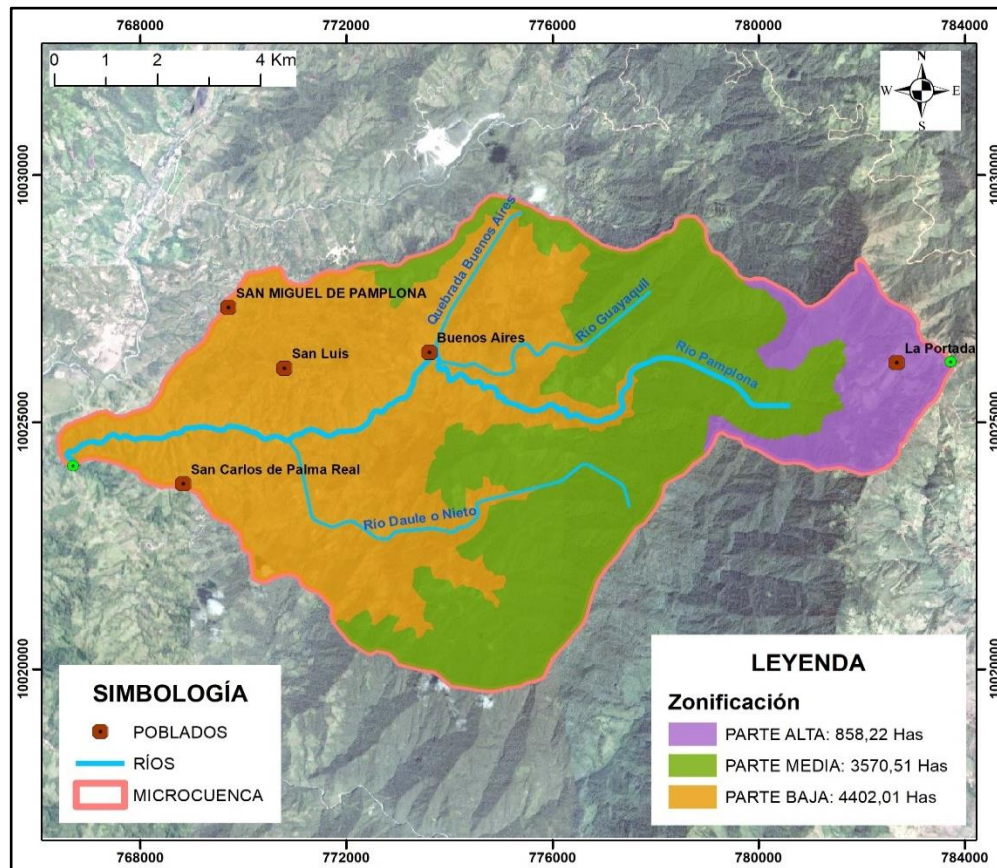
Comunidad	Productos agrícolas	Producción ganadera
Quinde, La Libertad y Barcelona	Fréjol, caña de azúcar	Ganadería cárnica
La Loma	Maíz, fréjol, pastizales	Ganadería cárnica
San Luis y Pamplona	Caña de azúcar, pastizales	Ganadería cárnica
San Francisco	Caña de azúcar, maíz, fréjol, yuca, frutales	Ganadería cárnica
El Quinde km 12	Maíz, fréjol	Ganadería cárnica
El Quinde km 18	Mora	Ganadería mixta
Santa Rosa	Caña de azúcar, yuca, frutales	Ganadería cárnica
Cabecera parroquial	Expendio de productos	Ganadería cárnica

La microcuenca del río Pamplona se encuentra zonificada en tres partes: parte alta con 858,22 hectáreas, parte media con 3570,51 hectáreas y parte baja con 4402,01 hectáreas. En la parte alta de la microcuenca se asienta el poblado de La Portada, en la parte media no existe presencia registrada en la base de datos del Instituto Geográfico Militar dentro del archivo shape para poblados y en la parte baja es donde se constituyen la mayoría de comunidades como San Miguel de Pamplona, Buenos Aires, San Luis y Palma Real. (Figura 8).

Plantear el análisis de las cuencas hidrográficas como un sistema de ordenamiento territorial es una preocupación menor para las autoridades, sin embargo, se convierte en una herramienta valiosa en la toma de decisiones en torno a recursos naturales, riesgos y oportunidades (SUBDERE, 2013). Conforme al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Selva Alegre (2011), la comunidad de Pamplona presenta problemas de pérdida de caudal de agua de la microcuenca

debido a la deforestación indiscriminada en el área para ser aprovechadas en cultivos transitorios como la caña de azúcar para la elaboración de licor.

Figura 8. Zonificación de la microcuenca del río Pamplona



3.1.1. Componente biofísico

Es el sistema conformado por los recursos naturales y el ambiente: clima, agua, relieve, suelos y cobertura vegetal.

3.1.1.1. Clima, hidrología y suelo

Caracterizado por un clima ecuatorial mesotérmico húmedo, propio de la zona interandina con una temperatura media anual de entre 18 a 23°C. Las precipitaciones anuales fluctúan de acuerdo a la zonificación de la cuenca; siendo así: cuenca alta con 1250-1750 mm, cuenca media con 1000-1250 mm y cuenca

baja con 750-1000 mm, la humedad relativa oscila entre 65% y 85%. La microcuenca del río Pamplona se compone otros cuerpos de agua, la quebrada Buenos Aires y el río Guayaquil en la parte de la provincia de Imbabura; y el río Daule o Nieto en la provincia de Pichincha. El río Pamplona es uno de los afluentes de la cuenca del río Íntag. La zona urbana de la cabecera parroquial San Miguel de Pamplona, tiene una época seca en los meses de mayo a agosto, el resto del año corresponde época lluviosa por lo que tiene una captación de 2,75 L/s de un caudal de 7,75 L/s. (GAD Selva Alegre, 2011, p. 32).

El suelo correspondiente a la microcuenca del río Pamplona está dado por dos órdenes principales: Inceptisol que son suelos poco desarrollados, derivados de depósitos fluviónicos y formados por materiales rocosos de naturaleza volcánica y sedimentaria con una textura franco arcillosa y suelos combinados entre Inceptisol y Entisol, es decir, que se emplazan en suelos con pendientes muy fuertes y propensos a erosión, son en gran medida de textura moderadamente gruesa o franco arenoso (Chinchilla, et al., 2011).

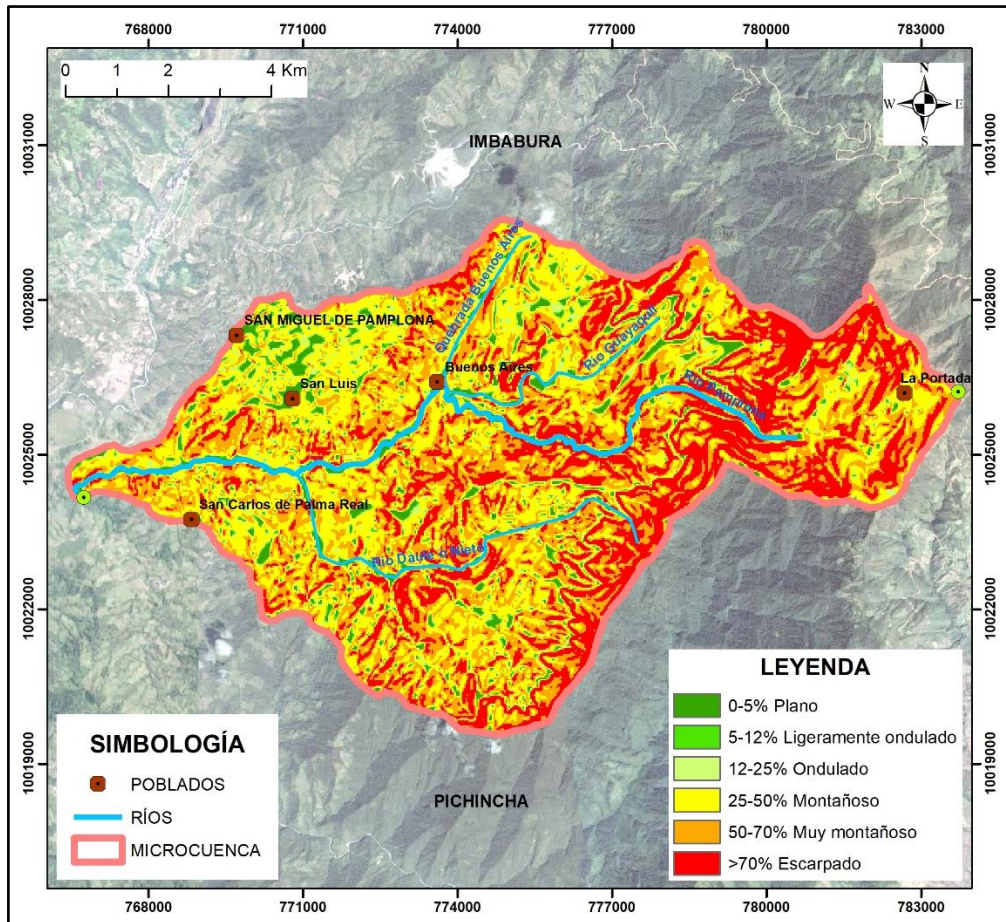
3.1.1.2. Relieve

El relieve de la microcuenca del río Pamplona está conformado por varios tipos de pendientes de los cuales se destaca el relieve montañoso con una pendiente del 25-50%, catalogada de riesgo medio, seguida por el relieve muy montañoso correspondiente a un porcentaje de pendiente de 50-70%, es decir, de riesgo alto y, por último, el relieve escarpado con un valor $>$ al 70%, catalogado de riesgo muy alto. Lo que se constata con en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Selva Alegre (2011), donde se indica que el territorio es muy accidentado, con topografía irregular de pendiente pronunciadas (Figura 9).

La presencia de fallas y el grado de inclinación de las pendientes de la comunidad de Pamplona, son elementos de suma importancia cuando se unen con las precipitaciones de la zona, pues son los principales generadores de deslizamientos y derrumbes muy frecuentes. Sumado a ello, el avance de la frontera agrícola ha

ocasionado mayor desprendimiento del suelo por falta de fijación radicular. Dentro de la comunidad, este es uno de los problemas que más ha perdurado y se refleja en la pérdida de productos debido al estado vial que no facilita la salida de los productos locales para el comercio.

Figura 9. Pendientes de la microcuenca del río Pamplona



3.1.1.3. Cobertura vegetal

La microcuenca del río Pamplona presenta una cobertura vegetal propia de una zona interandina y próxima hacia una de transición que es el Chocó Andino de Pichincha, se constituye por bosque natural, los cuales han sido intervenidos por el ser humano con la introducción de especies de valor comercial. Se presentan zonas destinadas a la agricultura y al cultivo de pastos para la actividad ganadera, talando el bosque primario para incrementar la frontera agrícola. Existe un pequeño remanente de

páramo con vegetación arbustiva natural para la captación de agua en la parte alta de la microcuenca, considerándose esto una zona de protección ambiental por el servicio que brinda a la población (PDOT Selva Alegre, 2011, p. 15).

3.2. Métodos

La investigación se dividió en tres etapas con el fin de alcanzar los tres objetivos planteados.

3.2.1.1. Determinación de la carga animal de bovinos en la microcuenca del río Pamplona

Para dar credibilidad sobre el estado actual de la microcuenca del río Pamplona en cuanto al uso de suelo por actividades agropecuarias se realizaron salidas de campo o técnica de observación directa propuesta por la FAO (2009) al área de estudio donde se levantaron datos geográficos para identificar zonas de pastos y forrajes y presencia de bovinos. Se identificaron las especies forrajeras que predominan en la zona y se elaboró una ficha técnica con la descripción taxonómica, botánica y uso. Finalmente, para conocer la carga animal se partió del censo de vacunación de Agrocalidad contra la fiebre aftosa del año 2021 y posterior a ello se aplicaron el método matemático y método práctico del cuadrante.

3.2.1.2. Georreferenciación de la microcuenca hidrográfica

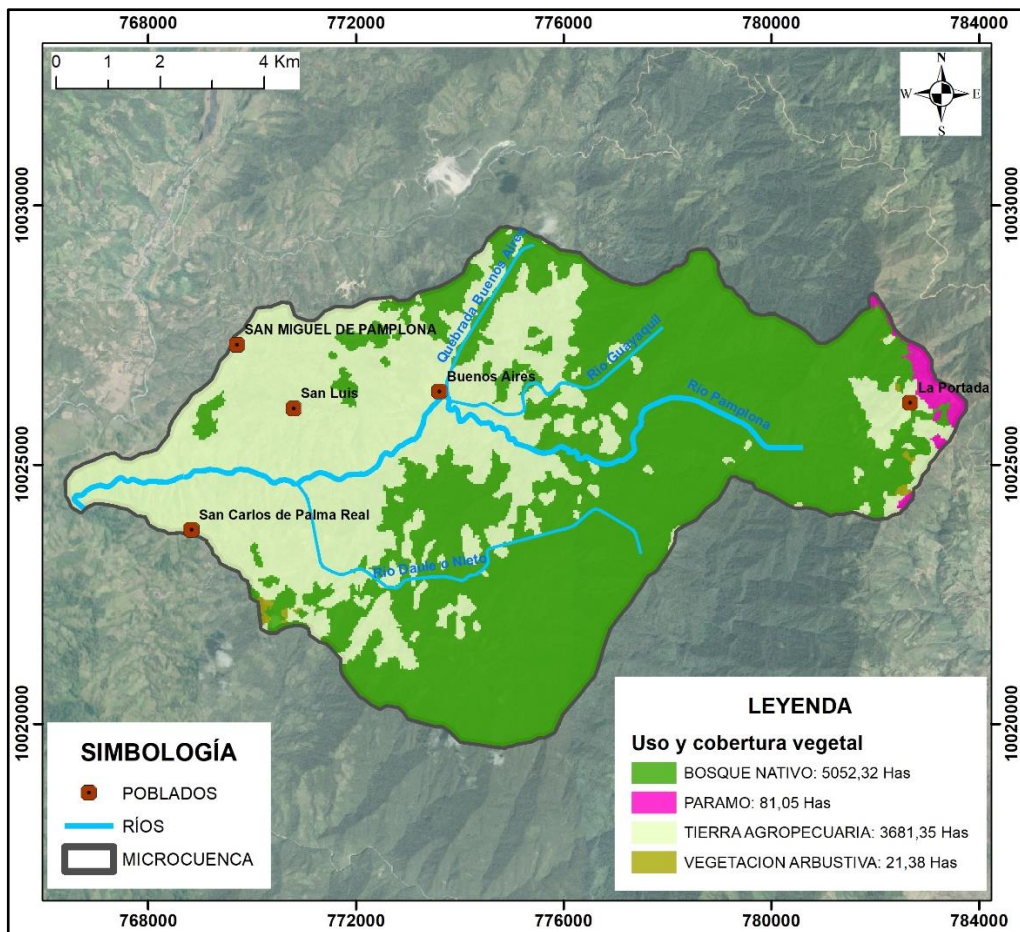
Al culminar las salidas de campo para reconocimiento del área de estudio, se registraron las coordenadas geográficas con la aplicación móvil UTM Geo Map de zonas pobladas, terracillas y límites hidrográficos. Acto seguido, los datos recopilados fueron ingresados a una hoja de Excel para obtener una base de datos en formato csv y ser procesados en ArcGIS 10.8 sobre una imagen satelital actual, con poca nubosidad obtenida mediante Google Earth Engine, conjuntamente con aplicación de cartografía digital de portales como: Instituto Geográfico Militar y

Sistema Nacional de Información, llevándose a cabo la elaboración de mapas temáticos de acuerdo a la implantación del lugar (Araya, 2008).

3.2.1.3. Cuantificación de la superficie de vegetal

Mediante la elaboración del mapa temático se observaron las coberturas y uso de la tierra (Figura 10) y se determinó que en la parte alta de microcuenca existe un remanente de páramo con 81,05 hectáreas, la parte alta y media de la microcuenca está conformada por bosque nativo con 5052,32 hectáreas y en la parte baja predomina el suelo con uso agropecuario con 3681,35 hectáreas y finalmente existe un relicto de vegetación arbustiva de 21,38 hectáreas localizado en la divisoria de agua de la vertiente izquierda de la microcuenca.

Figura 10. Tipos de cobertura vegetal microcuenca del río Pamplona



3.2.1.4. Identificación de especies forrajeras

Se lo realizó mediante salidas de campo para reconocer las principales especies de pastos y forrajes que representan la base alimenticia para la producción ganadera presente en la microcuenca del río Pamplona. Una vez identificadas las especies halladas de pastos y forrajes, se realizó la corroboración taxonómica con la ayuda de guías físicas y digitales que se enlistan a continuación:

- Guía técnica de pastos y forrajes del Ecuador: Es una investigación para mejorar el manejo y producción de la alimentación animal en base de pastos y forrajes (León et. al., 2018).
- GBIF: Es el Sistema Global de Información sobre Biodiversidad, que proporciona acceso abierto a datos mundiales de los diferentes reinos naturales de acuerdo a registros georreferenciados (GBIF, 2021).
- Libro de Árboles representativos del noroccidente de Pichincha: Este es un documento de que estudia la flora, ecología e interrelaciones de los bosques montanos del noroccidente de Pichincha gestionado por CONDESAN (Pinto et al., 2018).

3.2.1.5. Cálculo de la carga animal de la microcuenca del río Pamplona

Se procedió a la recopilar de información del registro de bovinos para el área de estudio que se establece por censo de vacunación a cargo de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario de Imbabura (AGROCALIDAD) que indica el número actual de bovinos en el área de estudio. Este censo es una actividad obligatoria para la crianza y comercialización de ganado. Para conocer la carga animal actual del río Pamplona se definieron a las diferentes clases de bovinos en unidades de demanda para establecer su equivalencia.

Conforme lo indican Jarrige (1988) y NRN (1987), para el cálculo de las equivalencias en Unidades Animales de distintas características se toma en cuenta el peso vivo y el estado productivo, para la estimación de la demanda potencial de ganado de pastoreo se aplicó la ecuación de ingestión de alimento, teniendo en cuenta, que según la definición dada para UA, equivale a 10kg de MS, entonces la $UA=I/10$ lo que da como resultado $0,00945 * PV^{0,75}$, por lo tanto para ganado vacuno seco, 100kg de $PV^{0,75}$ equivalen a 0,945UA:

$$I(\text{kg MS d}^{-1}) = 0,00945 * PV^{0,75} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

I= ingestión demanda potencial de forraje en kg MS d⁻¹

$PV^{0,75}$ = peso metabólico

La Tabla 5 muestra las Equivalencia de Unidad Animal (EUA) para las distintas categorías de animales:

Tabla 5. Equivalente Unidad Animal

CATEGORÍA	CLASE	PV kg	EUA
U	Vaonas/Toretos	400	0,68
N	Vacas/Toros	500	1
O	Terneras/Terberos	300	0,85

Posteriormente se aplicó la ecuación propuesta por Coccinamo et al., (1975) para obtener el total de Unidades Animales, en función de las categorías establecidas con una multiplicación simple del total de bovinos por categoría proporcionado en la base de datos del censo de vacunación de Agrocalidad, y por el EUA:

$$UA = TB * EUA \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

UA: Unidad Animal

TB: Total de bovinos

EUA: Equivalente Unidad Animal

Por último, se calculó la carga animal actual que determinó el número de animales que se pueden tener de manera productiva en una hectárea sin causar deterioro del pastizal mediante la ecuación propuesta por (Teuber et al., 2007) en su estudio llamado “Manejo de Pastoreo” que estuvo enmarcado dentro del proyecto de validación y aplicación de mejores prácticas de pastoreo en el sur de Chile.

$$CAA = \frac{UA}{S} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

CAA: Carga Animal Actual (ha/año)

UA: Unidad Animal

S: Superficie de pastos (ha)

Como método de validación de datos que establece Cabezas et al. (2019), se realizó el método del cuadrante para el cálculo de la capacidad de carga por hectárea que consiste en la utilización de un marco cuadrado de 1m de lado, es decir 1m². Con este equipo se procedió a seleccionar la parcela en donde se obtuvieron 10 muestras de pasto de la hectárea de potrero más representativo de la topografía y productividad. Se establecieron 3 zonas de la hectárea seleccionada: a) terreno muy inclinado, b) terreno inclinado y c) terreno plano.

Para obtener las muestras se lanzó el cuadrante al azar. En el lugar donde cae, se corta el pasto que queda dentro de la superficie de 1m² y a una distancia de ras de suelo de 10 a 15 cm y se lo almacenó en una funda plástica para su posterior pesaje con una balanza digital de cada muestra tomada con el cuadrante por separado.

Como último paso se realizó la conversión de forraje verde para conocer la capacidad de carga por hectárea o número de unidades animales que está dispuesta a resistir un espacio determinado de terreno en un tiempo específico.

3.2.2. Evaluación de los efectos ambientales del pastoreo de bovinos en la microcuenca del Río Pamplona

Para dar cumplimiento a este objetivo de la investigación se realizaron salidas de campo para ejecutar las actividades planteadas, mismas que consistían en identificar áreas con presencia de terracillas, emisión de metano en función de la cantidad de bovinos presentes en la microcuenca y la demanda del consumo de agua de acuerdo a su propósito. Así, se conocieron los efectos negativos que produce la actividad ganadera cuando el manejo es deficiente y las prácticas son insostenibles para el capital natural.

3.2.2.1. Georreferenciación de terracillas

Mediante salidas de campo se recorrió el área de estudio estableciendo tramos en secciones: alta, media y baja y se registraron las coordenadas donde se evidenció presencia de huellas de bovinos que sirvieron como indicadores de la presencia o ausencia en sitios vulnerables a procesos de erosión, además se llevó un registro fotográfico. Finalmente se procesaron los datos obtenidos para la elaboración de un mapa que refleje la localización de terracillas dentro de la microcuenca.

3.2.2.2. Cálculo de producción de metano

Se calculó la producción de metano en función a las unidades adultas del número de bovinos dentro de la cuenca que establece el censo de AGROCALIDAD y conociendo el factor de emisión para cada categoría ganadera, que representa el contenido de metano en el estiércol, tomando como variable la temperatura promedio anual del país para zonas cálido húmedas como se indica en la Tabla 6:

Tabla 6. Factor de emisión de metano por estiércol para vacunos ($kgCH_4Cabeza^{-1}Año^{-1}$)

Característica regional	Especie	Factor de emisión por temperatura media anual		
		Frío	Húmedo	Cálido
		≤ 10 a 14	15 a 25	26 a ≥ 28
América Latina: El estiércol es depositado en los pastizales	Bovinos lecheros	1	1	2
	Bovinos cárnicos	1	1	1

Fuente: Dong et al. (2006). Emissions from livestock and Manure Management.

Posteriormente, al conocer el factor de emisión por categoría de bovinos, se aplicó la expresión matemática que permitió determinar las emisiones de metano para la gestión del estiércol, propuesta por (Dong et al., 2006):

$$CH_{4Estiércol} = \sum_{(T)} \left(\frac{EF_{(T)} * N_{(T)}}{10^6} \right) \quad Ec. 4$$

Donde:

CH_4 Estiércol: Emisiones de metano expresado en Gg CH_4 año⁻¹

EF : Factor de emisión para la población ganadera expresada en kg CH_4 cabeza⁻¹ año⁻¹

N : Número de animales por categoría

T : Categoría de especies zootécnicas

3.2.2.3. Cálculo de consumo de agua

Se conoció el dato de peso estimado para las diferentes categorías bovinas, puesto que el ganado cárnico consume entre el 8 y 10% de su peso vivo en agua (Ecopar, 2013). La fórmula establecida para calcular el consumo de agua está dada en función de los bovinos secos o no productores de leche y su peso.

$$X=f(y)$$

Ec. 5

Dónde:

X= Consumo de agua

Y= Peso vivo (kg)

3.2.3. Propuesta de estrategias de sostenibilidad ambiental para el pastoreo de bovinos en la microcuenca del Río Pamplona

Para el cumplimiento de este objetivo fue necesario la ejecución de las actividades propuestas anteriormente y aplicar el modelo Presión-Estado-Respuesta (PER), de modo que se puedan establecer estrategias aplicables en el contexto ambiental y local. Entonces, se pudo compatibilizar prácticas ganaderas y climáticamente sostenibles, esta transición permite garantizar la rentabilidad de las unidades productivas y la conservación de los recursos naturales; entendiendo la dinámica de la población y sus desafíos en los ejes: económicos, sociales y ambientales.

a. Presión

El nivel de presión indica la fuerza que ejercen las actividades humanas a los factores ambientales, es decir, que se desestabiliza la dinámica socioeconómica debido al cambio de uso del suelo (Fajardo, 2016). Haciendo una mirada amplia del paisaje se pudieron distinguir zonas boscosas, zonas con mediana intervención y otras destinadas exclusivamente a actividades productivas, entre las que predomina la ganadería y agricultura. Por lo tanto, se hará uso del resultado final de la capacidad de carga actual y su influencia en los componentes del medio de la microcuenca del río Pamplona (Teuber et al, 2007).

b. Estado

El estado representa la situación real en la que los factores ambientales llegan por última instancia después de la presión antrópica, mismo que generan impactos a los procesos naturales y sociales. Puesto que las características físicas y climáticas de la zona de estudio hacen que el desarrollo de la ganadería sea un reto y se intensifiquen los daños ambientales. De modo que, en este nivel se tomaron en cuenta los efectos ambientales producidos como resultado de las actividades plasmadas en el objetivo dos, y marcar una línea base del perjuicio ambiental que atraviesa la microcuenca del río Pamplona (Almada y Valencia, 2017).

c. Respuesta

En este nivel se busca hallar soluciones, acciones y estrategias contextualizadas y aplicables que propendan al cambio de los modelos productivos extensivos a modelos productivos eficientes a través de prácticas de manejo sostenible de la tierra que contemple los siguientes componentes: 1) fortalecimiento de capacidades para la gestión integral de los recursos naturales; 2) planificación del uso de suelo; 3) incentivos para actividades sostenibles; 4) innovación y agregación de valor de las materias primas y 5) comercio justo (Torres y Peralvo, 2019).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se detallan e interpretan los resultados obtenidos a lo largo de la investigación.

4.1. Carga Animal Actual

Se tomaron en cuenta los resultados cuantitativos de bovinos actuales del censo de vacunación de AGROCALIDAD del 2021 y se los clasificó de acuerdo al peso vivo del animal para evitar confusiones por raza o sexo; y se obtuvo la ingesta de alimento por categoría para posteriormente definir las como Unidades Animales y establecer el Equivalente Unidad Animal. De esta manera se pudo interpretar la carga animal actual obtenida para la zona de estudio. Por último, con dicho resultado, se procedió a conocer las especies forrajeras que prevalecen en la superficie de pastizales y que sirven de alimento para los bovinos.

4.1.1. Unidades Animales

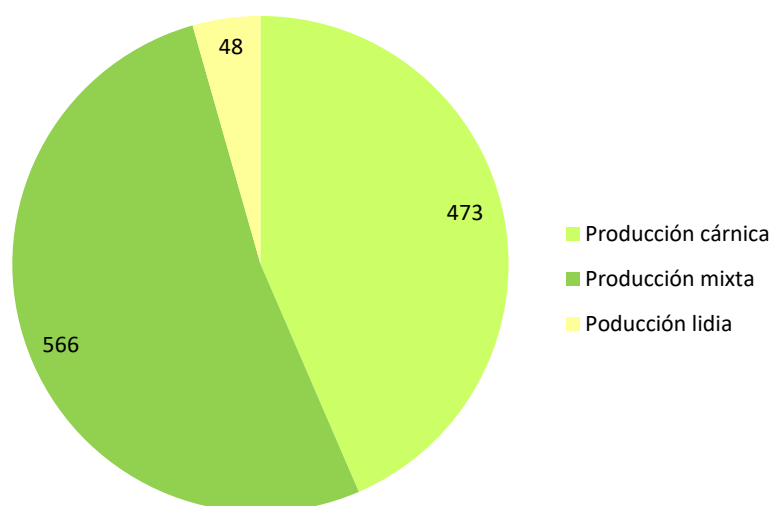
Los datos obtenidos del censo de vacunación obligatoria contra la fiebre aftosa correspondiente a junio del 2021 a cargo de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario, indican que en la microcuenca del río Pamplona existen 1087 bovinos (tabla 7). Las especies se clasifican de acuerdo a categorías zootécnicas, clases, peso vivo y número de animales registrados para la zona de estudio. Se consideran 3 categorías: “U” conformada por vacas (35 UA) y toretes (137 UA) de 1 año o más con un PV estimado de 400kg; “N” integrada por vacas (107 UA) y toros (786 UA) de 2 años en adelante con un PV de 500 kg o más y; “O” constituida por terneros (15 UA) y terneras (7 UA) de entre 6 meses a 1 año y con un PV de 300 kg (Tola, 2012).

Tabla 7. Número de bovinos por categoría y clases

CATEGORÍA	PV kg	CLASE	Nº Bovinos
U	400	Vaconas	35
		Toretas	137
N	500	Vacas	107
		Toros	786
O	300	Terneritas	7
		Terneros	15
TOTAL			1087

La productividad ganadera en la zona de estudio es muy amplia por ser de manera extensiva que contribuye al dinamismo económico rural campesino con la oferta de productos cárnicos y leche, mismos que forman parte de la canasta básica familiar y reafirman la seguridad alimentaria del país (MAGAP, 2015). En la microcuenca del río Pamplona los bovinos están destinados a la producción mixta con 566 animales, es decir un 52%; producción cárnica con 473 animales lo que representa un 44% y; producción de lidia con 48 animales dando como resultado un 8% (Figura 11) conforme lo indican los registros de vacunación de Agrocalidad para el año 2021.

Figura 11. Número de bovinos presentes en el río Pamplona



Como resultado de la convergencia a Unidades Animales con el respectivo equivalente bovino para la cantidad de animales que existen en la microcuenca se

obtuvo un valor de 1054,16 UA; para la categoría “U” se tienen 29,75 UA vaconas y 116,45 UA toretes; categoría “N” indica para vacas 107 UA y toros 786 UA; categoría “O” muestra para terneras 4,76 UA y terneros 10,2 UA (Tabla 8).

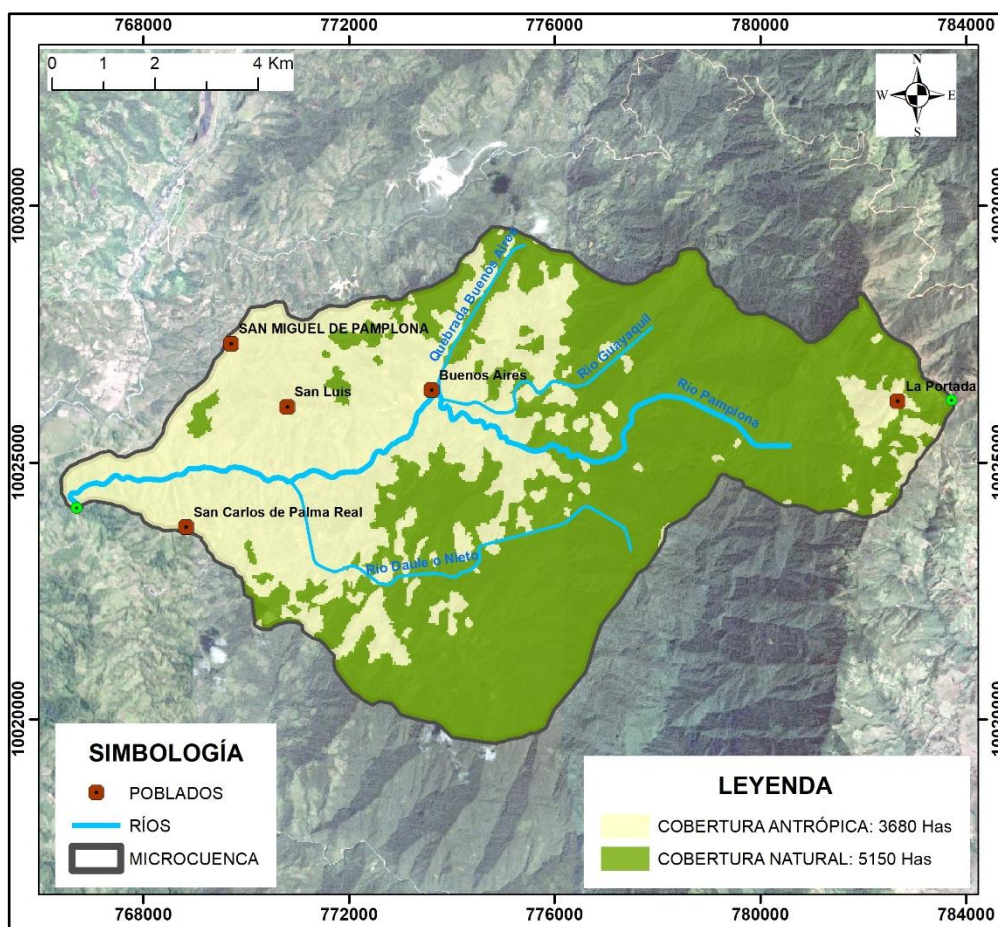
Tabla 8. Convergencia de Unidades Animales

CATEGORÍA	CLASE	Nº Bovinos	EUA	UA
U	Vaconas	35	0,85	29,75
	Toretos	137		116,45
N	Vacas	107	1	107
	Toros	786		786
O	Terneras	7	0,68	4,76
	Terneros	15		10,2
TOTAL				1054,16

4.1.2. Superficie de pastizales en la microcuenca

Como señala Siabato (2018), los Sistemas de Información Geográficos son valiosas herramientas tecnológicas que a través de portales online como el mapa interactivo ambiental del Ministerio de Ambiente Agua y Transición Ecológica (MAATE. 2021), se facilita el acceso a shapefiles de datos ambientales. De esta manera, se realizó el mapa de unidades ambientales y se determinó que las superficies corresponden a cobertura antrópica (3680 hectáreas) y cobertura natural (5150 hectáreas), la cobertura antrópica está conformada por pastos y cultivos, mientras que la cobertura natural está conformada por vegetación arbustiva, bosque y páramo (Figura 12). Además, el mapa indica que las coberturas antrópicas se expanden hacia la zona de coberturas naturales de la microcuenca del río Pamplona, es decir, hacia la cuenca alta y media, pues en la cuenca baja, toda la superficie de terreno está destinada a fines productivos: ganaderos o agrícolas con cultivos permanentes o transitorios.

Figura 12. Unidades ambientales en la microcuenca del río Pamplona

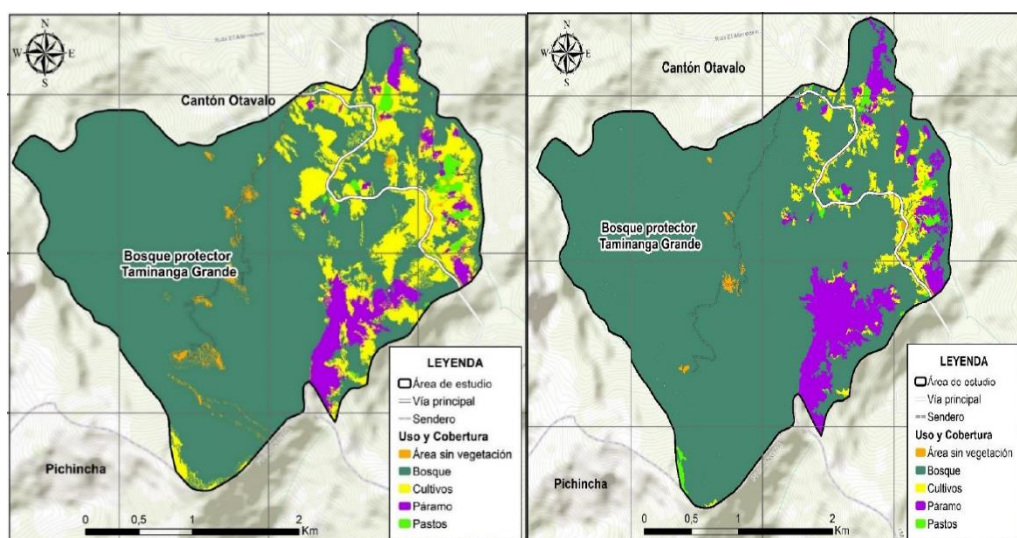


En las últimas décadas Ecuador ha sufrido cambios en la composición vegetal; especialmente natural, disminuyendo gran parte de bosques y páramos. En la parroquia Selva Alegre, dentro de la comunidad de Pamplona, las áreas productivas se encuentran cerca de los asentamientos humanos, es decir, ocupan la cuenca media y baja con dominio de actividades agrícolas y ganaderas. Estas actividades humanas tienen tendencias de deterioro del recurso suelo como en el sistema hidrológico. El reemplazo de la cobertura natural por cobertura antrópica presenta impactos significativos en la escorrentía, infiltración y evaporación de la microcuenca; pues afecta a la disponibilidad de agua, generando un desbalance en las entradas y salidas de agua, procesos muy importantes para mantener los servicios ambientales del que depende la comunidad de Pamplona (PDOT Selva Alegre, 2011, p. 15).

Sin embargo, la falta de cuidado y protección del páramo en la zona de estudio ha permitido la reducción de la superficie aun en zonas con pendiente pronunciada, es decir, la cuenca alta del río Pamplona con un relieve montañoso (25-50%) a escarpado (>70%), que en época lluviosa facilita la escorrentía, y aumenta el depósito de sedimentos aguas abajo, de modo que, se disminuye la calidad del recurso hídrico para actividades de producción ganadera y agrícola (PDOT Selva Alegre, 2011, p. 18)

En el estudio realizado por Champutiz y Guamán (2021) en la parroquia de Selva Alegre en el Bosque Protector Taminanga Grande para conocer el cambio de cobertura vegetal de dicho bosque para los años 2002 y 2018 (Figura 13), indica que para el año 2002 la cobertura de dicho bosque presentaba una superficie de 840,45 hectáreas, es decir, 85,17% pero para el año 2018 se redujo a 773,88 hectáreas, lo que representa el 78,42%. De esta manera, se muestra el retroceso de 66,57 hectáreas de bosque como consecuencia de procesos de deforestación en afán elevar su capacidad productiva. Además, el páramo evidenció una disminución en 16 años de 84,55 hectáreas o el 8,57% a 50,04 hectáreas o el 5,07%, lo que significa una pérdida de 34,51 hectáreas, es decir, el 3,5% menos de esta importante cobertura vegetal.

Figura 13. Cobertura vegetal 2002-2018 del Bosque Protector Taminanga Grande



Fuente: Champutiz y Guamán (2021). Análisis del cambio de cobertura vegetal del Bosque Protector Taminanga Grande, parroquia Selva Alegre, Cantón Otavalo.

4.1.3. Cálculo de la carga animal actual

Con la ecuación propuesta por Teuber et al., (2007) donde se relacionan la Unidades Animales resultantes (1054,16 UA) y la superficie de pastos (3680 has), se obtiene un valor de 0,29 UA/ha/año. En otras palabras, los pastizales están recibiendo una carga muy por debajo de lo establecido y los pastos no son correctamente aprovechados por los animales. En este contexto, los últimos datos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) del año 2020 indica que hay 1,48 cabezas de ganado por hectárea en el país como carga animal real. Entonces es posible realizar una comparación de 0,29 UA/ha – 1,48 UA/ha da como resultado -1,19 UA, en este caso no hay un equilibrio de la demanda sobre la oferta.

Aplicando como validación de datos a la expresión matemática, el método del cuadrante realizada en campo para conocer la capacidad de carga por hectárea indican en el registro de pesos de muestras levantadas en las parcelas más representativas de la topografía y productividad de la zona de estudio, un promedio de pasto verde en un metro cuadrado de 0,84 kilogramos (Tabla 8):

Tabla 9. Registro de muestras de pastos

REGISTRO DE MUESTRAS			
TIPO	N°	PESO (gr)	PESO (kg)
Muy inclinado	1	770	0,77
	2	499	0,50
Inclinado	3	761	0,76
	4	791	0,79
	5	620	0,62
Plano	6	363	0,36
	7	1263	1,26
	8	1325	1,33
	9	1039	1,04
	10	1022	1,02
PROMEDIO		8453	0,85

Con el dato obtenido del promedio de pasto verde en un metro cuadrado se calculó que por una hectárea la cantidad de forraje verde producido por cada corte es de 8400 kg. Este valor se multiplicó por el número de cortes al año, que para la zona se establecen entre 6 o 7, y se conoció que el forraje ver producido por ha/año, es de 50400 kg. A continuación, se debe tomar en cuenta el porcentaje aprovechable de forraje verde por ha/año que equivale al 60% para el área de estudio y se calcula por el forraje verde ha/año, resultando un valor de 30240 kg de forraje verde aprovechable producido por ha/año.

Para conocer el siguiente dato, es necesario establecer los promedios del forraje durante la época seca que es del 36% del peso húmedo y en época lluviosa se reduce a la mitad 18%, se promedian ambos valores y se obtiene el 27% de materia seca promedio, por lo tanto, se opera multiplicando por el forraje verde aprovechable por ha/año y se conoce que el forraje seco aprovechable por ha/año es de 8164,8 kg. Posteriormente, se debe tomar en cuenta el promedio en la zona de una UA que pesa aproximadamente 450 kg y se porcentualiza por el 4% que es el requerimiento universalmente aceptado de alimento de PV de una UA, obteniendo 18 kg de materia seca que son multiplicados por 365 días de consumo, o sea, el requerimiento anual de una UA es de 6570 kg. Finalmente, el valor del forraje seco aprovechable ha/año se divide por el requerimiento anual de una UA por kilogramo, dando como resultado la capacidad de carga en número de UA por hectárea de 1,24 UA.

La validación de datos por el método del cuadrante indica que en la práctica una hectárea de pasto soporta 1,24 UA, este método reporta resultados de acuerdo al contexto porque permite extrapolar la capacidad de carga del pasto más representativo y productivo área de estudio considerando todos los relieves de la parcela de estudio. En términos prácticos, y en cotejo de la carga animal resultante por el método del cuadrante de 1,24 UA menos la carga animal resultante del método matemático de 0,29 UA se entiende que, hay una aceptación de 0,76 UA más para defoliar el pasto y evitar más del 40% de desperdicio.

4.1.4. Especies forrajeras

Posterior a obtener el resultado de la carga animal, fue relevante identificar las especies forrajes que son consumidas por los bovinos en la microcuenca. En este sentido, el uso y reconocimiento de las especies forrajeras de una zona debe basarse en la adaptación fisiológica y morfológica, es decir, utilizar especies a las que sus condiciones de forma y estructura interna, que conjuntamente con los factores ambientales locales, no afecten su capacidad de sobrevivir en zonas con déficit o superávit de algún condicionante ambiental. Además, informarse de sus características, favorece en la toma de decisiones de explotación del terreno con la carga animal, es decir, teniendo en cuenta ambos parámetros se somete o no al terreno a mayor presión de pastoreo, debido a que algunas especies muestran alta resiliencia al pastoreo y otras no, pues muchas veces la inequívoca selección de especies forrajeras disminuye la oferta vegetal, lo que se traduce en baja productividad ganadera (Larcher, 2003).

Como resultado de la identificación de los forrajes existentes dentro de la cobertura pasto en el área de estudio, se encontraron 8 especies diferentes clasificadas como gramíneas para pastoreo, conformada por: Pasto angletón (*Andropogon nodosus*), Pasto común (*Brachiaria decumbens*), Pasto imperial o gramalote (*Anoxopus scoparius*) y Pasto miel (*Setaria sphacelata*). Para las gramíneas de corte se registraron: Pasto elefante (*Cenchrus ciliare*), Pasto saboya o chileno (*Panicum maximum*), King grass (*Pennisetum hybridum*) y Caña forrajera de licor (*Saccharum rubra*). Las especies identificadas para la microcuenca del río Pamplona pertenecen al grupo de las gramíneas son ricas en energía, pero presentan un déficit nutricional en proteína y son consumidores de nitrógeno, por esa razón se sugiere asociarlas con leguminosas, que son ricas en proteína y aportan nitrógeno al sistema, además de ser cosmopolitas con más de 19400 especies (Delorenzo, 2014).

4.2. Efectos ambientales del pastoreo de bovinos en la microcuenca

El número de bovinos de distintas categorías zootécnicas para el área de estudio, indican que existe sobrepastoreo como consecuencias prologadas por actividades ganaderas de años atrás, que se han intensificado en la actualidad por la presencia de ganado en diferentes puntos de microcuenca del río Pamplona y sus correspondientes efectos negativos hacia los factores ambientales. También se pudieron calcular las emisiones de metano derivada de la actividad ganadera y el consumo de agua en ganado con fines cárnicos. Finalmente, con estas premisas se proponen estrategias sostenibles para mitigar o reducir los impactos ambientales hacia el suelo, agua y aire.

4.2.1. Georreferenciación de terracillas

Se georreferenció un total de 20 coordenadas de pisadas de bovinos (Tabla 9). Se evidenció la existencia de sobrepastoreo en la zona media de la microcuenca y zona en la zona baja una relativa actividad de sobrepastoreo. Esto sugiere que, en la parte media, los recursos agua, suelo y vegetación son aún aprovechables y satisfacen las necesidades de los animales, mientras que en la parte baja, por los asentamientos humanos y recursos en competencia, la actividad ganadera está relacionada al consumo familiar. Estas deformaciones continuas del ganado, son más comunes en pendientes del 25%-50% caracterizado por ser montañoso y en pendientes del 50%-70% de topografía muy montañoso. Los puntos georreferenciados muestran que las unidades animales de la microcuenca se distribuyen en el área de cobertura antrópica, donde la tierra agropecuaria ocupa gran espacio para el cultivo de pastos y forrajes, principalmente en los flancos de las montañas, pues al ser ganado de carne, no son sometidos a regímenes de estabulado controlado, su pastoreo es a campo abierto.

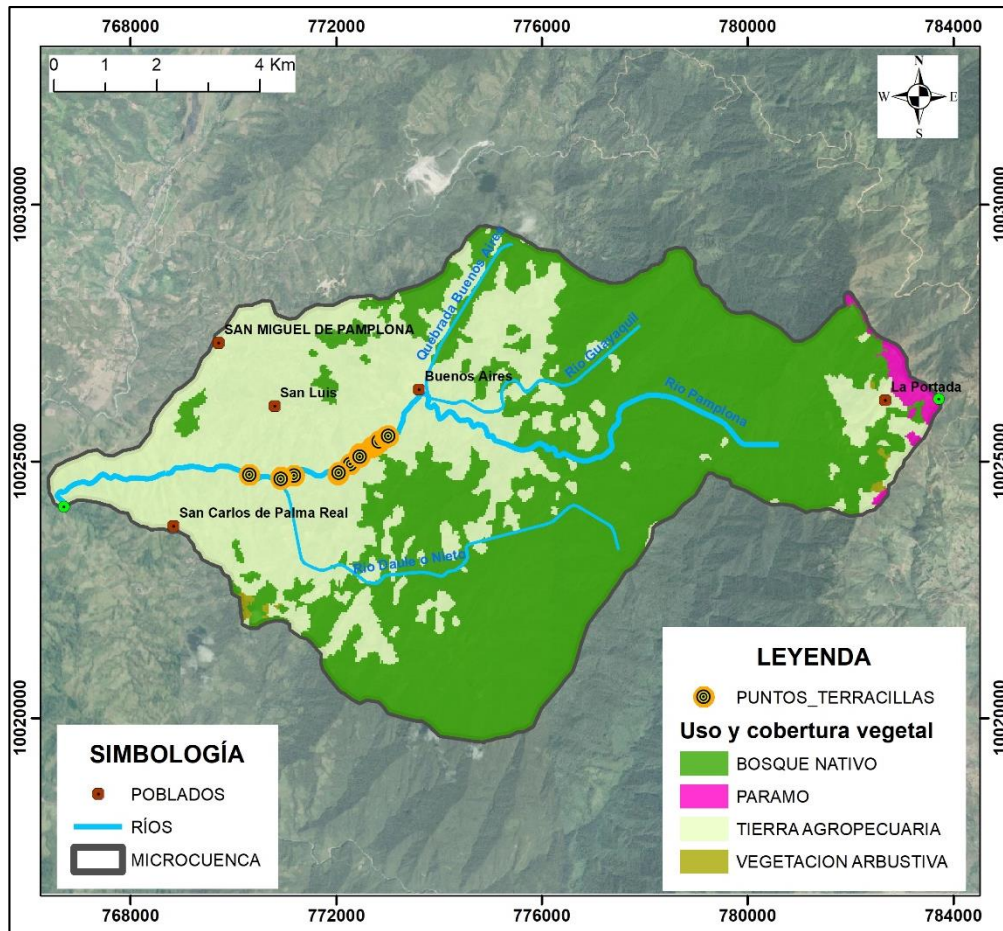
Tabla 10. Georreferenciación de terracillas

Cuenca	Puntos	Coordenada X	Coordenada Y	Altitud
Media	P1	772036	10024747	1366
	P2	772272	10024946	1372
	P3	772459	10025144	1382
	P4	772697	10025278	1418
	P5	772700	10025273	1418
	P6	772763	10025310	1406
	P7	772797	10025344	1437
	P8	772829	10025361	1422
	P9	772829	10025387	1420
	P10	772963	10025468	1421
	P11	772980	10025477	1383
	P12	773016	10025491	1414
	P13	772465	10025089	1361
	P14	797839	10024042	993
	P15	803702	10023705	986
Baja	P16	772052	10024775	1361
	P17	771180	10024719	1320
	P18	770922	10024685	1318
	P19	770922	10024658	1318
	P20	770318	10024733	1238

Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM) **Datum** WGS 1984 Zona 17 Hemisferio Sur

Por medio de este análisis se pudo comprobar la erosión del suelo por la presencia de terracillas, producto del pisoteo prolongado por los animales presentes en una extensión de terreno. De acuerdo a Gaitan et al. (2009), al incrementarse la intensidad de pastoreo, existe una relación inversamente proporcional, ya que, disminuye la cobertura basal de la vegetación, parches pequeños y alejados. También la cobertura de gramíneas palatables o más apetecidas por los animales se vio afectada por la poca capacidad de rebrote en un suelo empobrecido de nutrientes por la compactación del mismo, mientras que las gramíneas no palatables, aumentó por la poca o nula exigencia de nutrientes. Así mismo, los índices de función del suelo: estabilidad, infiltración y reciclaje de nutrientes presentaron disminución por efecto de las modificaciones edáficas por el pisoteo de los animales (Figura 14).

Figura 14. Puntos de afectación por terracillas



Respecto a la relación hídrica con el suelo, los efectos referentes al drenaje en suelos compactados se han visibilizado en Vines, catalogada como la zona más susceptible a inundaciones, donde se produce pasto Paja en las partes altas y por tanto es útil durante el invierno (enero a abril), época en la que el 70% de los ganaderos llevan sus animales a dichas zonas escapando de las inundaciones. Santo Domingo por su parte, goza de un clima más estable, no suelen sufrir de inundaciones ni sequías, solo de exceso de humedad en el invierno, el cual causa encharcamientos en los pastos y atrae parásitos a los animales. Indicaron en uno de los grupos de ese cantón que la mejor época para el ganado es el verano pues las lluvias son menos frecuentes pero suficientes, al punto que no requieren realizar riego (Castillo, 2015).

El principal impacto de alta ocurrencia en la cuenca es la erosión del suelo, producto del inadecuado manejo de las actividades antrópicas y el conflicto de uso del suelo (GAD Selva Alegre, 2015). En la investigación de Jones et al. (2009) analizaron el impacto del pastoreo de bovinos en el suelo, y como resultado percibieron de forma visual el pisoteo de praderas y se tuvo como efecto la reducción del volumen del suelo y en las huellas de bovinos se observó acumulación de agua. Estos efectos se visibilizaron en zonas planas y micro relieves que fueron modificados por las pisadas.

4.2.2. Producción de metano

Las unidades de medida para los valores de producción de metano dentro del área se expresan en gigagramos (Gg) y kilogramos (kg) (Tabla 11). Como resultado se estimó que la mayor emisión de metano dentro de la microcuenca es del total de toros con 0.000786 Gg CH₄/año que equivale a 786 kg de metano al año. Por otro lado, las terneras emiten menor cantidad de metano en el área de estudio con 0,00000476 Gg CH₄/año que equivale a 4,76 kg de metano al año.

Tabla 11. Emisión de metano en UAs en la microcuenca del río Pamplona

CATEGORÍA	CLASE	Emisión de metano	
		Kg CH ₄ /año	Gg CH ₄ /año
U	Vaonas	0,00002975	29,75
	Toretas	0,00011645	116,45
N	Vacas	0,000107	107
	Toros	0,000786	786
O	Terneras	0,00000476	4,76
	Terneros	0,0000102	10,2

Como dato global de la producción de metano dentro de la microcuenca del río Pamplona estimó una emisión de metano anual de 0,00105416 Gg CH₄ que equivale 1087 kg de metano al año. El factor de emisión establecido según Dong et al. (2006) para bovinos no productores de leche es de 1 de acuerdo a la temperatura cálida

húmeda, propia de la zona de estudio. Por lo tanto, cada bovino en la comunidad de Pamplona emite 0,000001 Gg de metano al año. La industria ganadera es una de las que contribuyen a los GEI debido a la anatomía de los bovinos, que son considerados animales rumiantes con procesos digestivos diferentes a los monogástricos. El resultado de las emisiones de metano por fermentación intestinal de los rumiantes a nivel global representa el 37% del metano en la atmósfera. El desfogue del intestino de un bovino es tan dañino para el medio ambiente, pues se calcula que una unidad animal puede producir 90 kilos CH₄ al año, análogamente en términos energéticos es igual a 120 litros de combustible (Benavides y León, 2007).

Conforme lo muestra Luque (2016) en su estudio denominado “*El gas metano y su relación con las actividades ganaderas de la provincia de Manabí, Ecuador*” durante el tiempo de estudio desde el año 2004 al 2013, para las diferentes categorías y número de animales, se pudo establecer que las emisiones de metano originadas por la fermentación entérica oscilan el 55,45% para el ganado no lechero, es decir, 573,680 unidades animales y un 44,55% para el ganado lechero, con 353,544 unidades animales. Para la gestión del estiércol se observó una situación inversa a la anterior, debido a que el ganado lechero tiene un valor dado de 55,51% y el ganado no lechero un 44,94%. En este contexto, se entiende que, el factor de emisión para el ganado lechero es de 2 kg CH₄/cabeza/año y para el ganado cárnico se reduce la mitad 1 kg CH₄/cabeza/año y se apoya en la tabla de emisiones de Dong et al. (2006).

En este contexto, Kigsman et al. (1995), menciona que en los países en vías de desarrollo las emisiones de metano estimadas son de 55 Kg CH₄/cabeza/año frente al dato reportado para países desarrollados de 35 Kg CH₄/cabeza/año. Rodríguez (1999) hace el símil con Colombia y ratifica lo mencionado anteriormente, pues las emisiones de metano en el sector pecuario solo en el año 2010 representaron el 70% del aporte a los GEI y de ese valor, el 95% corresponden a las emisiones responsables del aparato digestivo del ganado. Así mismo, Rasmus et al. (2003), indica que las emisiones de metano al año son menores en unidades animales

jóvenes, pues para novillas de carne se obtuvo un intervalo de 32 y 83 kg CH₄ y para unidades animales adultas, se reportó entre 60 y 95 kg CH₄, que paralelamente a los resultados obtenidos en el presente estudio corroboran esta analogía de emisiones anuales por categorías bovinas.

4.2.3. Consumo de agua

El agua es una sustancia esencial para la vida de todos los seres humanos, su carencia puede afectar negativamente al organismo y su correcto funcionamiento; premisa que se aplica también a especies bovinas, cuyo peso corporal está constituido entre en 55% y 81% por este líquido vital. De modo que, su escasez afecta directamente a la función digestiva, reproducción, metabolismo, niveles de oxígeno en la sangre y tejidos, regulación de temperatura, excreción y articulaciones. En consecuencia, influye sobre la salud del animal y la producción ganadera, puesto que un animal adulto puede consumir aproximadamente el 8 al 10% de su peso en agua (Tabla 12) (González, 2018).

El consumo de agua en una producción ganadera es muy variable, los principales factores que influyen son: el número de animales, el propósito de producción El factor más conocido de todos es la temperatura ambiente, en época seca siempre hay un mayor consumo, pero también hay mayor evaporación en represas o estanques lo que debe tenerse muy en cuenta al considerar los requerimientos de reserva. Otra variable de mucha importancia es el tipo de alimentación que reciben los animales. Como regla general, todos los forrajes secos y/o concentrados demandan mayor cantidad de agua, que los forrajes verdes (Odeón y Romera, 2017).

Tabla 12. Consumo de agua por peso vivo de bovino

CATEGORÍA	CLASE	PV (kg)	AGUA (l)
U	Vaconas Toretas	400	40
N	Vacas Toros	500	50
O	Terneritas Terneros	300	30

En este sentido, el sector ganadero está estrechamente ligado a la disposición de agua para proveerse de manera continua y segura para llevar a cabo las diferentes etapas de producción, comercio, consumo, entre otras. En áreas rurales, las fuentes y cuerpos hídricos se los pueden encontrar bajo diversas formas; sean estos: quebradas, nacimientos, vertientes, ríos, manantiales, lagunas, y a pesar de que no hay un uso total del recurso, este puede verse afectado en cuanto a calidad y cantidad, mismo que determina el arranque o espera de otras actividades que dependen del agua para su ejecución. Esta incapacidad humana de generar sistemas que interactúen de forma segura animal-agua ha hecho que los cuerpos hídricos se contaminen con excretas por la escorrentía, las deposiciones en la fuente, más los procesos erosivos, disminuyen la calidad del líquido vital (Falkenmark, 2006).

Por otra parte, en Colombia, dentro del estudio denominado *Gestión del agua en el sector de la ganadería bovina en la Cuenca del Río La Vieja Departamento de Quindío y Risalda* de Loaiza y Osorio (2009) el uso y manejo del recurso hídrico en esta área de estudio, se caracteriza por tener muchos drenajes, donde el 44% de los terrenos poseen una fuente de agua, el 28% muestra la presencia de nacimientos naturales de los cuales el 20% son utilizados por la población para sus actividades de sustento. Esta situación muestra una incoherencia con el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del río La Vieja, puesto que, genera un conflicto en cuanto al uso y conservación de los recursos, debido al cambio de cobertura natural en zonas de pastizales y de monocultivos, favoreciéndose de la disposición hídrica para actividades de riego y consumo animal. Es decir, la ganadería está subutilizando el suelo que ha provocado procesos erosivos debido a la desprotección de riveras por vegetación natural y desequilibrio hidrológico por la

contaminación con materia orgánica fecal bovina, pues es muy heterogénea; compuesta de estiércol o deyecciones sólidas y los purines que aportan gran cantidad de agua en su composición.

El agua como parte del organismo de todo ser vivo para realizar funciones indispensables, se torna una necesidad primaria en los sistemas de producción ganaderos que deben tomar en cuenta los requerimientos netos de agua de una unidad bovina para mantener su balance corporal, y más aún cuando la ganadería se establece en zonas cálidas donde la temperatura juega un rol determinante. La demanda de agua equivale a la sumatoria de las pérdidas por disipación de calor, más la retención de líquidos en los tejidos para crecimiento muscular en un propósito cárnico y aumento de los niveles nutricionales para propósito lechero. Los principales factores que determinan el consumo potencial de agua están dados en tres grupos: 1) Relativos al ambiente: temperatura, variación diaria y precipitaciones; 2) Relativos a la dieta: alimentos fibrosos, contenido de humedad y sales; 3) Relativos al animal: peso vivo, nivel productivo y propósito ganadero (Duarte, 2003).

La Tabla 13 muestra un resultado estimado del consumo de agua para bovinos del área de estudio, en función de los requerimientos diarios y condiciones ambientales:

Tabla 13. *Consumo de agua diario en bovinos*

CATEGORÍA	CLASE	Nº animales	Promedio agua/animal/día (L)	AGUA (L)
U	Vaconas	35	40	6880 L
	Toretas	137		
N	Vacas	107	50	44650 L
	Toros	786		
O	Terneras	7	30	660 L
	Terneros	15		
TOTAL				52 190 L

4.3. Estrategias sostenibles de pastoreo de bovinos

El cumplimiento de este objetivo, fue mediante la metodología PER (Presión, Estado, Respuesta) en donde se aplica un esquema de realidades lógicas aplicadas al contexto, es decir, identificar los problemas ambientales que derivan de las actividades antrópicas que se desarrollan en el área de estudio y que ejercen presión sobre los recursos disponibles, cambiando la calidad y cantidad de éstos dentro de la microcuenca del río Pamplona. El estado está conformado por los cambios en el suelo debido a las terracillas y la incorrecta gestión del agua y como parte de la respuesta, las instituciones públicas competentes deben contribuir con políticas ambientales, proyectos de ganadería climáticamente inteligente a los productores locales para mejorar como sociedad en términos económicos y ambientales (Vásquez y García, 2017).

Por este motivo, el modelo PER relacionó la realidad local ambiental y las actividades agrícolas y ganaderas que ejercen presión al medio, respondiendo a tres preguntas: ¿Cuál es el estado actual de la microcuenca?, ¿Cuáles son los principales factores de presión? y ¿Qué acciones se llevan a cabo y que alternativas se podría poner para mejorar la situación? Estas incógnitas han sido despejadas mediante las salidas de campo al área de estudio y constatar que el recurso suelo y agua son los más propensos a cambios por la ganadería extensiva del sector sin aplicación alguna de tecnologías que reduzcan los impactos ambientales, de manera que, con la presente investigación se diseñan estrategias enmarcadas en el contexto del cambio climático, mismas que contribuyan a la sostenibilidad ambiental y la toma de decisiones responsables por parte de las autoridades en beneficio de la comunidad San Miguel de Pamplona (Guttman, et al., 2004).

Las estrategias planteadas incluyen una planificación de uso sustentable de los recursos en relación a las actividades que se desarrollan en la microcuenca del río Pamplona fueron: a) Zonificación y ordenamiento del área ganadera, b) Mejoramiento del sistema de pastoreo, c) Manejo de excretas, d) Sistema

silvopastoriles, e) Plan hidrológico, f) Bienestar animal, g) Pastos mejorados y h) Razas mejoradas (Tabla 14).

Tabla 14. *Presión-Estado-Respuesta a los impactos ambientales el río Pamplona*

RECURSO	PRESIÓN	ESTADO	RESPUESTA	ESTRATEGIA
Suelo	Pisoteo permanente del ganado	Presencia de terracillas en la zona media y baja de la microcuenca, en pendientes onduladas (12-25%), ligeramente onduladas (5-12%)	Delimitación de áreas naturales susceptibles Técnicas de pastoreo que ocupen menor tiempo de estadía de animales, número óptimo de bovinos	Estrategia a Estrategia b Estrategia g
	Erosión del suelo	Presencia de suelo descubierto, sin biomasa	Asociación de árboles, cultivos y especies ganaderas	Estrategia d Estrategia g
Agua	Requerimientos de líquido vital de calidad y cantidad para la producción bandera	Los bovinos tienen acceso directo a los cuerpos hídricos	Aplicación de abrevaderos estratégicos para evitar el consumo directo animal-agua	Estrategia e Estrategia f
	Excretas bovinas	Mala gestión en el aprovechamiento de excretas y contaminación por deyecciones sólidas y líquidas a los cuerpos hídricos	Gestión de excretas de manera adecuada	Estrategia c Estrategia h

Para la aplicabilidad de cada estrategia establecida frente al componente, la presión y el estado en que se encuentra, es necesario fijar la base de la alternativa y la factibilidad de su aplicación en sectores y grupos productores pertenecientes a la microcuenca del río Pamplona. De esta forma, con el planteamiento de posibles soluciones con principios de precaución y recuperación, la tabla 15 indica lo que se requiere considerar para cada estrategia y las zonas del área de estudio en las que se pueden aplicar las mismas, con el fin de beneficiar a la población con un mapeo

de actores con enfoque stakeholders para efectuar las soluciones de manera efectiva y sostenible.

Tabla 15. Base y aplicabilidad de estrategias ganaderas

ESTRATEGIA		BASE	APLICABILIDAD
a	Zonificación y ordenamiento	-Determinar la capacidad de carga animal -Compatibilizar los usos del suelo	Es aplicable a lo largo de microcuenca del río Pamplona donde se desarrolla actividad ganadera
b	Mejoramiento del sistema de pastoreo	-Identificar el propósito productivo -Parcelar los pastizales -Tiempo de reposo para sucesión natural del pastos	Aplicable en áreas de actividad ganadera que deseen acogerse a los beneficios de la GCI
c	Manejo de excretas	-Biofertilizantes, compostaje, bocashi, lombricultura	Productores que se acojan a la implementación de métodos y tecnología innovadoras con beneficios económicos y ambientales
d	Sistemas silvopastoriles	-Asociar cultivos herbáceos y arbóreos -Separar sistemas de pastoreo mediante cercas vivas	Aplicable en zonas con pendientes planas que faciliten el cuidado de las asociaciones vegetales y evitar introducir especies a zonas de bosque
e	Plan hidrológico	-Reducir la contaminación directa de cuerpos hídricos -Fomentar el cuidado de riberas para evitar desbordes -Gestionar abrevaderos estratégicos	Aplicable en áreas de desarrollo de actividades ganaderas aledañas a cuerpos hídricos o abastecimiento de flujos naturales
f	Bienestar animal	-Dieta ajustada al propósito de producción -Medicina oportuna	Aplicable en áreas de producción ganadera con fines comerciales y de sustento
g	Eficiencia de pastos	-Pastos mejorados adaptados a la zona -Asociar especies gramínea y leguminosas	Sembrar semillas de pastos ajustados a las condiciones del suelo, que favorezca la abundancia y permanencia en todas las épocas del año
h	Mejoramiento genético de razas	-Razas mejoradas y adaptadas a las condiciones de temperatura y edáficas de la zona	Mejorar genéticamente el hato para aumentar la producción y reducir el consumo de recursos

a) Estrategia a: Zonificación y ordenamiento de zonas productivas

La estrategia de ganadería sostenible de zonificación y ordenamiento de las zonas productivas o fincas está dada por las características agroclimáticas: topografía, clima, suelo, agua y cobertura vegetal. Estos elementos influyen de manera directa sobre la producción, en decir que, para incrementarla y mantenerla en el tiempo, es necesario adaptarse a las condiciones presentes, procurando aplicar técnicas de manejo y conservación del suelo, producción vegetal (pastos) y disminuir la contaminación a cuerpos de agua. La zonificación es una estrategia de planificación que consiste en analizar las diversas aptitudes del suelo, y de acuerdo a esto, determinar áreas para destinar actividades compatibles (Mayer, 2017).

b) Mejoramiento del sistema de pastoreo

El suelo de zonas dedicadas a la ganadería por un largo periodo de tiempo, tales como los del Noroccidente de Pichincha, que comparte ciertas características a la zona de estudio, tienen una capa fértil reducida que requiere de suficiente materia orgánica para el máximo desarrollo de las actividades agrícolas y pecuarias. Por lo tanto, la aplicación de fertilizantes naturales de manera constante, promueve que la microbiota del suelo se regenere para el beneficio de los pastizales que se refleja en la producción ganadera en términos de calidad. Así mismo, las pasturas con un correcto manejo, promueven la fertilidad del suelo y a largo plazo mejorar, con la premisa del Pastoreo Rotacional de Voisin, que establece que los pastizales deben someterse a un cálculo de carga animal para evitar sobrepastoreo o falta de animales y generar un tiempo de reposo óptimo para la recuperación y rebrote y no recaer en el crecimiento excesivo vegetal que puede llegar a la proliferación de plagas (Restrepo y González, 2007).

c) Manejo de excretas

Dentro de esta investigación se propuso esta estrategia como acción para mejorar la productividad de los suelos y reducir las emisiones de metano. Pues es común que en la zona de estudio los productores, adicione al suelo fertilizantes químicos

o no adicionar ninguno. Estos insumos representan un costo elevado para los productores y que aparentemente generan buenos resultados, pero el frecuente uso destruye los microorganismos del suelo que generan nutrientes y vuelve al suelo pobre. Por lo que, en todo sistema ganadero, se debe aprovechar el estiércol que es un fertilizante orgánico y permite aplicar muchas técnicas agroecológicas de compostaje, lombricultura o bioles, que son una alternativa amigable para el ambiente, con reducciones de costos y de focos de infección, además de proyectar al sistema ganadero a la autosuficiencia (Pedreira et al.,2013).

d) Sistema silvopastoriles

Actualmente, muchos pastizales en la zona de estudio presentan niveles de degradación que van desde leves, moderados y extremos, debido las malas prácticas implementadas durante años en las actividades antrópicas. De acuerdo con Pedreira et. al (2013), el nivel de degradación que sufren los sistemas de producción ganadera, tienen como causa principal el sobrepastoreo, el pisoteo que compacta el suelo, el uso de sustancias químicas y la dominancia de un solo biotopo vegetal. Por ello, sistemas silvopastoriles son una opción de manejo donde se asocian árboles y arbustos que provean una simbiosis a las composición vegetal, animal y edáfica, bajo un manejo integral. Además, sistemas aportan a la reducción de suelos degradados y a la reducción de los principales gases de efecto invernadero.

e) Plan hidrológico

La ingesta de agua en bovino productores de carne es importante pues de acuerdo a la FAO (2012) estima que para producir 1 kilogramo de carne se necesitan entre 5000 y 20000 litros de agua. Este requerimiento de las grandes cantidades de agua para el fin productivo es uno de los más elevados en la industria, sin embargo, sumado a ello, el sistema ganadero consume mucho líquido vital por la evapotranspiración; y más aún cuando son suelos desprovistos de biomasa, el suelo almacena agua que será absorbida por el sistema radicular de la vegetación y se devuelve a la atmósfera. Por lo tanto, el agua que se devuelve en forma gaseosa debe ser recompensada para mantener el crecimiento y calidad de las pasturas

(Norero, 1976). En terrenos con pendientes pronunciadas, el agua es un factor limitante por el difícil acceso y con características agroclimáticas de zonas trópicas propensos a tener periodos de sequía prolongados, es importante aprovechar todo el sistema orográfico para captar agua de diferentes formas, por acequias o por cortes de infiltración. En este contexto, la implementación de abrevaderos con flotadores es considerada una alternativa sustentable, por el aporte al peso vivo del animal en un 16% además de evitar el desperdicio de agua en un 10% (Kumar, 2016).

f) Bienestar animal

La forma en que un animal es tratado, se refleja en la productividad y rentabilidad. Entiéndase el bienestar animal como la capacidad del animal a adaptarse a un estilo de vida y establecer una relación armónica con el medio que lo rodea. Al hablar de bienestar animal, se integran requerimientos nutricionales y de sanidad, como una obligación ética del ser humano como principal beneficiario de los servicios que éstos ofrecen. Garantizar alimento diario, de alta calidad y dentro del propósito de producción se vuelve un eje importante para obtener mayor rédito económico en la etapa final del animal, asimismo, suministrar agua limpia elevan la productividad y posicionan al área o finca ganadera dentro del mercado con mejor reputación. También se incluye el sano comportamiento con las demás unidades animales que habitan en el sistema ganadera, puesto que, la convivencia armónica reduce los conflictos donde pueden lastimarse o lesionarse, que se principalmente cuando compiten por alimento, agua o territorio (Huertas, 2003).

g) Eficiencia de pastos

La eficiencia de pastos mediante la participación de instituciones de investigación como INIAP para la provisión de semillas de pastos de alta calidad, en vista de que actualmente, las épocas del año están más marcadas por eventos variables y extremos de temperatura y precipitación. Lo que ha conllevado que la actividad ganadera esté fuertemente influenciada por las condiciones climáticas para la

producción y mantenimiento de pasturas, mismas que en ocasiones no generan los volúmenes esperados de alimentos palatable y se han tornado más propensos a plagas, obligando al productor a aplicar agroquímicos. Es por ello que, previa zonificación y compatibilización de usos del suelo, cálculo de carga óptima animal y sistema de pastoreo rotacional, la eficiencia de pastos es de suma importancia para garantizar bienestar animal y mantener las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Giraldo, 2007).

h) Mejoramiento genético de razas

La inseminación artificial como recurso potenciador de rendimiento ganadero es catalogado como un método viable, porque es posibilita la sincronía de la raza animal a las condiciones de vida del medio, volviendo más fácil la adaptación y mejora en términos de producción final con un aumento en el rédito económico. Además, esta práctica puede llegar a tener un alcance positivo en la ganadería, debido al menor tiempo de salida de los animales hacia el mercado. Sin embargo, para la aplicabilidad de este método se requiere una inversión considerable pero que, con el apoyo de proyectos a sectores estratégicos, se convierte en una alternativa probable. Las razas mejoradas, a largo plazo, reducen costos de alimentación y dotación de medicinas como suplementos químicos (González, 2019).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La carga animal actual matemática fue de 0,28 UAs/ha/año, mientras que la obtenida mediante el método del cuadrante en campo de 1,24 UAs/ha/año, por lo que, se reportan valores dentro de los rangos de cargas óptimas animales, permitiendo que la microcuenca conserve gran parte de su funcionamiento. El ganado presente en la microcuenca del río Pamplona, ejerce una presión leve a los recursos, mas no una competencia por ellos.

La presencia de terracillas en la zona de estudio se debe a actividades ganaderas pasadas y presentes, que se han intensificado con el tiempo. Se evidenció que la mayor parte de éstas, están en la cuenca media del río y se debe principalmente a la presencia de ganado con propósito cárnico, que migran a zonas de mayor cobertura vegetal.

El valor estimado de metano que se emite a la atmósfera es de 1087 kg/año, un valor relativamente bajo por la producción limitada, sin embargo, la persistencia de la ganadería extensiva y la intensificación de las incorrectas prácticas de manejo, como también, la fisiología de los bovinos puede elevar en el largo plazo la emisión de gases de efecto invernadero.

La demanda de agua para el sector ganadero de la microcuenca del río Pamplona es de 52190 L/día, estimando el consumo de agua por categorías: vaconas y toretes 40 L/día; vacas y toros 50 L/día y terneros y terneras 30 L/día. Esta cantidad de agua consumida está distribuida en una frecuencia de 3 a 4 veces en el día, condicionada por la distancia de la fuente hídrica o de los abrevaderos, además del propósito que se defina en el sistema de producción.

Las estrategias planteadas fueron 8, enfocadas en un marco de participación social y empoderamiento de proyectos por parte de los productores. Cada alternativa tiene una base o línea guía que facilita el significado de cada una de ellas, así como también el marco de aplicabilidad en territorio y sociedad con actores locales.

5.2. Recomendaciones

El cálculo de la carga animal actual para un área determinada debe considerarse como una técnica de mejoramiento de pastizales y realizar un estudio integral de los demás factores que influyen dentro de la zona ganadera, tales como: condiciones agroclimáticas, edáficas e hidrológicas; para conocer la cantidad de alimento necesario para abastecer a los bovinos en todas las épocas del año y que se refleje en términos de calidad y cantidad productiva.

La comunidad de Pamplona, tradicionalmente se ha caracterizado por ser un sector ganadero con propósito cárnico, por lo que se sugiere mejorar los sistemas productivos, de pastos y forrajes, con razas genéticamente mejoradas; para aumentar la rentabilidad y disminuir los impactos ambientales que conlleva la actividad ganadera.

La participación de autoridades en la generación de proyectos post actividades ganaderas ejecutadas años atrás ha sido nula, por lo que se debería iniciar proyectos enfocados en la recuperación del recurso suelo, con el fin de optimizar el suelo y hacerlo apto para otras actividades productivas o compatibilizar el suelo con cultivos que promuevan la recuperación de las propiedades físicas, químicas y biológicas.

Las instituciones estatales deben dirigir su apoyo con la ejecución de proyectos, programas e investigaciones para el desarrollo de las zonas rurales, que son consideradas sensibles y de alto valor natural. Las acciones de respuesta a los problemas identificados deben ser enfocadas en el contexto local y con la participación de los actores directos e indirectos, con estrategias que sean aplicables a nivel territorial y contingente humano.

REFERENCIAS

- Acuerdo Ministerial 0279 de 2019 [Secretaría Nacional del Agua]. Por el cual se expiden los principios y lineamientos para integrar soluciones naturales en la gestión del agua. Art. 1, 4. 11 de abril de 2019.
- Agencia de protección ambiental de Estados Unidos (2008). *Emisiones mundiales de metano y oportunidades de atenuación*. Asociación Methane to Markets. https://www.globalmethane.org/documents/methane_analysis_fs_spa.pdf
- Albán, S. (2018). Género y Ganadería Climáticamente Inteligente en Ecuador. En J. Merino, J. Torres y J. Espinosa (Ed.), *Ganadería Climáticamente Inteligente en Ecuador, una colaboración estratégica entre la empresa privada y la FAO* (pp. 1-10). Proyecto GCI.
- Angelone S., M. T. Garibay y C. Casaux. (2006). *Geología y Geotecnia Permeabilidad de Suelos*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Rosario.
- Arango, L. 2010. *Ganadería Bovina en América Latina*. 2 ed. Chile. Ed. D – FAO. p 12, 15, 120 – 130. <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/421098/>
- Aragón, E. (2015). *Cambio de uso de suelo y apropiación del espacio en el Ejido de San Andrés Mixquic*. [Tesis de pregrado]. Universidad Autónoma Metropolitana de México.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008, 20 de octubre). Constitución del Ecuador. https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2010, 19 de octubre). Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_org.pdf
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017, 12 de abril). Código Orgánico del Ambiente (COA). https://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Arzuaga, S. A., C. Fernández - López, H. C. Dalurzo, y S. Vázquez. (2005). *Fósforo total, fósforo orgánico y fosfatasa ácida, en entisoles, alfisoles y vertisoles*

de Corrientes con diferentes usos agrícolas. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas.066: 1- 4.

- Astier, M, Moreno, M., J, Etchevers. (2002). Derivación de Indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia*.36 (005): 605- 620. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30236511.pdf>
- Bavera, G; Bocco, A. (2001). *Carga animal*. <https://www.produccionanimal.com/bovino-de-carne/>
- Behera, M. D. Tripathi, P. Das, P. Srivastava, S. K. Roy, P. Joshi, C. Joshi, C. ... Krishnamurthy, Y. (2018). Remote sensing based deforestation analysis in Mahanadi and Brahmaputra river basin in India since 1985. *Environmental Management*, 206, 1192-1203. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.015>
- Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos. *Revista Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117-124. <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Blanco-Sepúlveda, R; Nieuwenhuys, A. 2011. Influence of topographic and edaphic factors on vulnerability to soil degradation due to cattle grazing in humid tropical mountains in northern Honduras. *Catena* 86(2):130-137.
- Blum, E.H.W. & A.A. Santelises. 1994. A concept of sustainability and resilience based on soil functions. In: DJ Greenland & I Szboles (ed.). *Soil Resilience and Sustainable Land use CAB Int.*, Wallingford and Oxon. UK. 535-542 p.
- Coccimano, M., Lange, A. y Menvielle, E. (1965). *Estudio sobre equivalencias ganaderas*. Vol 4, 161-188. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina.
- Calzadilla, D., Soto, E., Hernández, M., González, M., García, L., Campos, E., Andrial, P. (1999). *Ganadería Tropical*. La Habana, Cuba: Editorial Félix Varela. <https://isbn.cloud/9789592580688/ganaderia-tropical/>
- Conant, r. T., Paustian, K., & Elliott, E. T. (2001). Grassland management and conversion into grassland: effects on soil carbon. *Ecological Applications*, 11(2):343-355.
- Consulsua. Cia. Ltda. (2013). Estudio de Impacto Ambiental Definitivo. En CELEC, Estudio de Impacto Ambiental Definitivo. Quito.

- Champutiz, F., y Guamán, N. (2021). *Análisis del cambio de cobertura vegetal del Bosque Protector Taminanga Grande, parroquia Selva Alegre, cantón Otavalo*. [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica del Norte.
- Crespo, D. (2011). Problemas y potenciales de la producción forrajera y pratense en Portugal. *Sociedad Española de Pastos*, 5(1), 150-167. ISSN: 0210-1270
- Cruz, M. y Mosquera, S. (2008). *Sistema de automatización para la dispensación de agua en abrevaderos de ganado vacuno* [Tesis de tecnólogo]. Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- Dong, H., Mangino, J., McAllister, T. A., Hatfield, J. L., Johnson D. E., Lassey, K.R., Aparecida, M., Romanovskaya, A., Bartram, D., Gibb, D. y Martin, J. H. (2006). Emissions from Livestock and Manure Management. *Agriculture, Forestry and other Land Use* (pp. 1-87). IPCC
- Doran, J. W. and T.B. Parkin.1994. Defining and assessing soil quality.In: Defininf and Assessing Soil Quality for sustainable Environment. *Soil Science society of America*, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wconsin, USA. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub35.c1>
- Duarte, E. (2013). *Uso del Agua en establecimientos agropecuarios. Sistema de abrevadero (Parte I) ¿Cuánta agua toma una vaca?* <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/uso-agua-establecimientos-agropecuarios-t30396.htm>
- Ecopar. (2013). Manejo adaptativo de áreas de pastoreo. En Ecopar (Ed.), *Implementación de buenas prácticas para el manejo adaptativo del sistema pecuario y la conservación del ecosistema páramo en la parroquia de Papallacta* (pp. 5-55). MAE. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/Sistema-de-Monitoreo-y-Evaluaci%C3%B3n.pdf>
- Escuela Superior Politécnica del Litoral. (2019). *Industria de ganadería de carne*. <https://www.espae.espol.edu.ec/wpcontent/uploads/2016/12/industriaganaderia.pdf>

- Espinoza, G. y Salazar, O. (1998). *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Casa de la Paz. Santiago, Chile.
<http://www.ingenieroambiental.com/4014/fundamentos.pdf>
- Espinoza, L. F. (2015). *Estimación de la contaminación generada por la actividad pecuaria en la cuenca del río Machangara en las provincias de Cañar y Azuay como complemento a la ejecución de su Plan de Manejo Ambiental* [Tesis de Postgrado, Universidad del Azuay].
<https://posgrados.uazuay.edu.ec/>
- FAO. (2006). Cattle ranching and deforestation. *Livestock Policy Brief* (3), División de Producción y Sanidad Animal. Roma.
- FAO. (2009). Ganadería Sustentable. Obtenido de <http://ganaderiasustentable/FAO/php/Roma/pdf>
- Fajardo, E. A. (2016). Modelo presión, estado, respuesta (p-e-r), para la clasificación de indicadores ambientales y gestión de la calidad del agua caso: cuenca del río Puyango Tumbes. *Instituto de Investigación RIIGEO*, 19(37), 39-46.
- Farías, J. (2006). *Manejo de Pastos y forrajes en la ganadería de doble propósito*. Obtenido de: <http://www.avpa.ula.ve>
- Fernández, C. (2007). *Sistema de pastoreo racional*. Obtenido de: <http://www.produccion-animal.com.ar>
- Fierro, D., y Jiménez, L. (2011). *Caracterización de la Microcuenca del río Manzano, Cantón Alausí, Provincia de Chimborazo y Propuesta de Plan de Manejo, Utilizando Herramientas SIG*. [Tesis de pregrado]. Escuela Politécnica del Ejército.
- Flores, C. (2016). *Incidencia de la agricultura y ganadería sobre la calidad de agua del sistema de agua potable de la comunidad El Capulí, provincia del Carchi*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Técnica del Norte.
- Flórez, D. F. (2017). Flórez, D. F. (2017). Estimación de la capacidad de carga del sistema de producción lechero de la vereda Fontibón del municipio de Pamplona. *Mundo Fesc.* (7)13, 15-21.

<https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/100>

- Francke, S. (2005). *Cuencas hidrográficas transfronterizas y derecho ambiental internacional con énfasis en América del Sur*. En: Gallardo, E. y Schmithüsen, F., Eds., *La Contribución del Derecho Forestal Ambiental al Desarrollo Sustentable en América Latina*. Serie Mundial IUFRO, Vol. 16, Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal, Viena, 162-173. <http://dx.doi.org/10.3929/ethz-a-005223009>
- Gaspari, F. J., Vagaria, A. M., Senisterra, G. E., Delgado, M. I. y Besteiro, S. I. (2013). *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas* (1a ed.). EDULP.
- GBIF. (2021). Global Biodiversity Information Facility. Recuperado el 29 de febrero de 2021. <https://www.gbif.org/what-is-gbif>
- Gerber, P. W. (2013). *Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación*. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO).
- González, C. A. (2009). *Assessing the Land Cover and Land Use Change and Its Impact on Watershed Services in a Tropical Andean Watershed of Peru* [Tesis de Pregrado]. University of Jyväskylä. Finlandia.
- Guiñansaca, L. (2012). *Modelo de ganadería sostenible*. [Tesis de pregrado]. Universidad de Cuenca.
- Guzmán, B. (2006). *Mejoramiento de la productividad láctea del Cantón Girón*. [Tesis de Pregrado]. Escuela Politécnica.
- Hernández, A. (2007). *Pastoreo Rotacional intensivo*. Obtenido de: <http://www.sagarpa.gob.mx>
- Herrera, P., Majadas, J., García, J. (2018). *La ganadería extensiva, una actividad esencial en nuestra alimentación*. Fundación Entretantos. https://www.researchgate.net/publication/335099686_La_ganaderia_extensiva_una_actividad_esencial_en_nuestra_alimentacion

- Hofmann RR. (1989). Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecología* 78: 443-457. <https://www.springer.com/journal/442>
- Ibarra, J., Román, R., Gutiérrez, K., Gaxiola, J., Arias, V., y Bautista, M. (2011). *Cambio en la cobertura y uso del suelo en el Norte de Jalisco, México: Un análisis del futuro en un contexto del cambio climático*. Revista Ambiente y Agua, (6)2, 111- 128. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.189>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], (2021). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua.
- IPCC. (2014). *Cambio climático. Informe de síntesis*. https://archive.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf
- Jiménez, A. (s.f.). *El agua en la alimentación bovina*. http://axonveterinaria.net/web_axoncomunicacion/criaysalud/7/cys_7_El_agua_en_la_alimentacion_bovina.pdf
- Lao, R.B., y Peláez, H.D. (2018). La teledetección y los sistemas de información geográfica para el manejo de las tierras. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 27(1),54-65. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542018000100006
- Lascano, C.E. (2000). *Selective grazing on grass-legume mixture in tropical pastures*. In Lemaire, G., Hodgson, J.de, Moraes, A., Nabinger, C. and P. C de F. Carvalho, eds. *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. CAB International. Curitiba, Parana.
- Lazo, M. y Parraga, G. (2012). *Zonificación ambiental para el ordenamiento territorial de la subcuenca del río Paucartambo*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- LEAD. (2009). *La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones*. FAO.
- Lorente, A. (2010). *Ganadería y cambio climático: Una influencia recíproca*. Universidad de Alicante

- Luisoni, H. (2010). *Ajuste de carga animal: aspectos teóricos y recomendaciones prácticas*. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-ajuste_de_carga_animal_aspectos_tericos_y_recomendaci.pdf
- Martín, P. (2011). Política económica: Crecimiento económico, desarrollo económico, desarrollo sostenible. *Revista Internacional del Mundo Económico y del Derecho*, 1-2.
- Martínez. P. (2004). *Capacidad de carga en los cotos de caza mayor en hornachuelos*. <https://www.cienciasambientales.com/es/noticias-ambientales/capacidad-de-carga-en-los-cotos-de-caza-mayor-en-hornachuelos-60>
- Martha, G. (2009). *Tecnologías bajo Impacto Ambiental para la recuperación de praderas degradadas en ecosistemas estratégicos de Sur América*. EMBRAPA. FAO Oficina regional para América latina y el Caribe. <http://www.rclfao.org>.
- Meunier, J. (1973). *El pasto bajo los dientes de los animales; consideraciones sobre la explotación racional de praderas*. <http://www.produccion-animal.com.ar/>.
- Menéndez, A. (2015). *Actividades de la unidad de producción del hato bovino ESPAM MFL y la calidad ambiental del entorno*. [Tesis de Pregrado]. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
- Murillo, J. (1999). *Respuesta de una pradera de Estrella (Cynodon niemfuensis), Bermuda (Cynodon dactylon) y Guinea (Panicum máximum), a un sistema de pastoreo intensivo tecnificado móvil con bovinos de engorda*. [Tesis de grado]. Universidad de Colima.
- NRCS. United States Department of Agriculture. (2010). *Soil Quality Fact Sheet. Soil Water. Helping People Help the Land*. https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052207.pdf
- Oñate, R. (2003). *Informe sobre recursos Zoogénicos Ecuador*. EC. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/a1250f/annexes/CountryReports/Ecuador.pdf>

- Page- Dumroese, D.S., A.M. Abbott and T.M. Rice. (2013). *Protocolo para la Evaluación de Disturbios en Suelos Forestales*. Volumen II: Métodos Complementarios, Estadística y Recolección de Datos. USDA. https://forest.moscowfsl.wsu.edu/smp/solo/documents/GTRs/RMRS_301/Spanish_Version_Monitoring_Protocols_RMRS-GTR-301.pdf
- Pérez, I. (2010). *Ganadería eficiente, bases fundamentales. La Habana – Cuba*. Volumen 1. Proyecto Comunitario de Conservación de Alimentos. <https://isbn.cloud/9789597098898/ganaderia-eficiente-bases-fundamentales/>
- Pezo, A. (2018). *Establecimiento y manejo de sistemas intensivos de pastoreo rotacional*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9226/Establecimiento_y_manejo_de_sistemas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pinto E., Pérez, A., Ulloa, C. & Cuesta, F. (2018). Árboles representativos de los bosques montanos del noroccidente de Pichincha, Ecuador. CONDESAN, Quito, Ecuador.
- Pourrut, P. 1983. *Los Climas del Ecuador – Fundamentos explicativos*. Orstom. Quito, Ecuador.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2016). *Establecimiento y uso de sistemas silvopastoriles en República Dominicana*. <http://repositorio.iica.int/handle/11324/3018>
- Reeves, D.W. 1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil Tillage Res.* 43:131-167. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(97\)00038-X](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(97)00038-X)
- Reyes, J. (2012). *Desarrollo e implementación de la ganadería intensiva, para una ejor comercialización de carne bovina en la finca “El Cortijo Las Marías”*. [Tesis de grado]. Universidad Autónoma de Occidente de Cali.
- Ríos, G. (2010). *Propuesta para generar indicadores de sostenibilidad en sistemas [Tesis de grado]*. Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de Colombia.

- Robleto, J. (2007). *Plan integral para la reducción de la contaminación ambiental en la industria láctea Parmalat-Nicaragua Managua, Nicaragua Octubre 2003-octubre 2004*. [Tesis de pregrado]. Universidad Centroamericana.
- Ruiz, F., & Janica, H. (2012). *Efectos ambientales y socio-económicos del sistema de producción ganadero con enfoque ambientalmente sostenible y el sistema tradicional, en el municipio de Montería, Córdoba, Bogotá*. [Tesis de pregrado]. Universidad Javeriana de Colombia.
- Salvador, S. (2017). *Documento Técnico: Breve síntesis acerca del estado del conocimiento sobre ganadería, cambio climático y degradación de tierras en Ecuador*. MAE, MAGAP, FAO, GEF. <https://www.biopasos.com/documentos/2/033.pdf>
- San Miguel, A. (2003). Apuntes de pastoreo. Obtenido de: en <http://www2.montes.upm.es>
- Slanac, A., Kucseva, C., Balbuena, O., Rochinotti, D. (2011). Degradación ruminal en bovinos de la materia seca de Sorghastrum setosum a diferentes edades en época otoñal. *Revista veterinaria-UNNE*. DOI: <http://dx.doi.org/10.30972/vet.2221831>
- Senplades. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida. Resolución N.º CNP-003-2017*. Obtenido de <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/download...>
- Teuber, N. K., Balocchi, O. L., Parga, J. M. (2007). *Manejo del pastoreo*. INIA Remehue. <http://www.consorcirolechero.cl/chile/documentos/publicaciones/24junio/manejo-del-pastoreo.pdf>
- Tehanga, M. (2015). *Análisis del uso actual y potencial de los recursos naturales en las unidades de producción agropecuaria, y determinación de alternativas productivas sustentables en la parroquia La Esperanza Cantón Ibarra*. [Tesis de Grado]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Trucíos, R; Delgado, G; Estrada, J; Cerrano, J. (2013). *Análisis sobre cambio de uso de suelo en dos escalas de trabajo*. Tierra Latinoamericana.
- Ullmann, F., Gerhartz, W., Yamamoto, Y., Campbell, F., Pfefferkorn, R., Rounsaville, J., y Ullmann, F. (2006). Soil, Definition, Function, and

Utilization of Soil. *Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry*.
Weinheim, Federal Republic of Germany: VCH. 399-419.
https://doi.org/10.1002/14356007.b07_613.pub2.

Uribe, S., Gutiérrez, M., Tavares, C., Turrent, A. (2000). Caracterización y clasificación de suelos de ladera manejados con terrazas de muro vivo en los Tuxtlas, Veracruz. *Agrociencia*, 34 (4), 403-412.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=302/30234403>

Vargas, E. y Fonseca, H. (1989). *Contenido mineral y proteico de forrajes*.
Universidad de Costa Rica.

Wu, J. (2008). Land Use Changes: Economic, Social, and Environmental Impacts.
Agricultural and Applied Economics Association, 23(4), 6-10.

Zuluaga, A., Giraldo, C., & Chará, J. (2011). *Servicios ambientales que proveen los Sistemas Silvopastoriles y los beneficios para la biodiversidad. Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible*. (Vol. Manual 4.). (B. M. GEF, Ed.)
Bogotá, Colombia.

ANEXO I. REGISTRO FOTOGRAFICO

Anexo 1. Georreferenciación de la microcuenca del río Pamplona



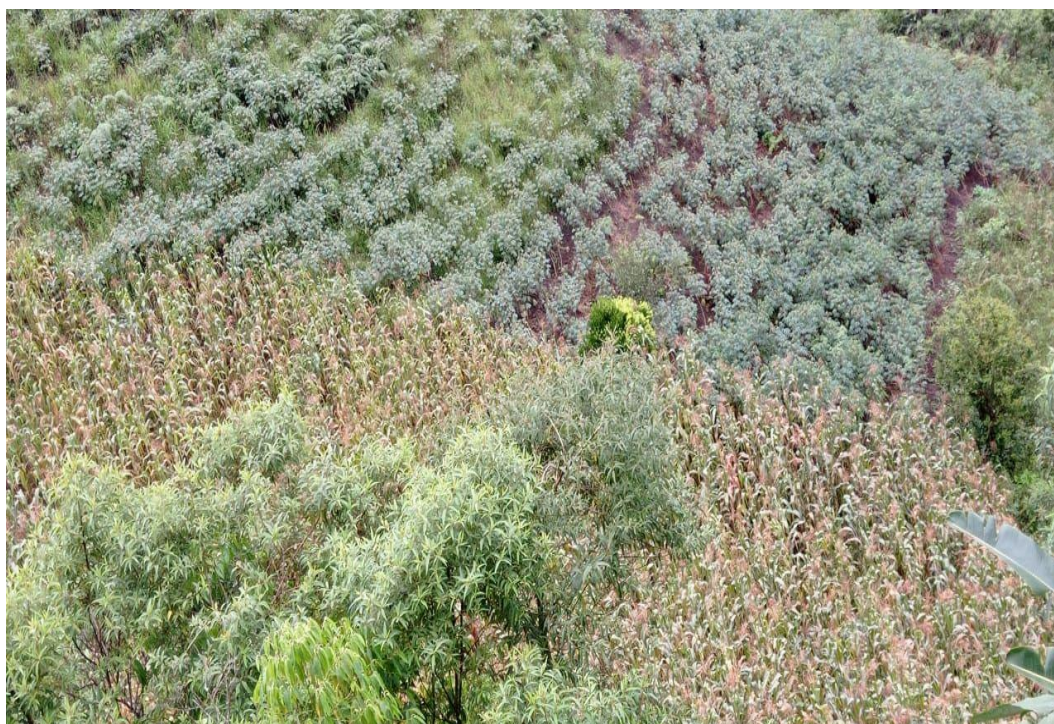
Anexo 2. Estado actual de suelo



Anexo 3. Estado actual de la microcuenca del Río Pamplona



Anexo 4. Producción agrícola de la zona de estudio



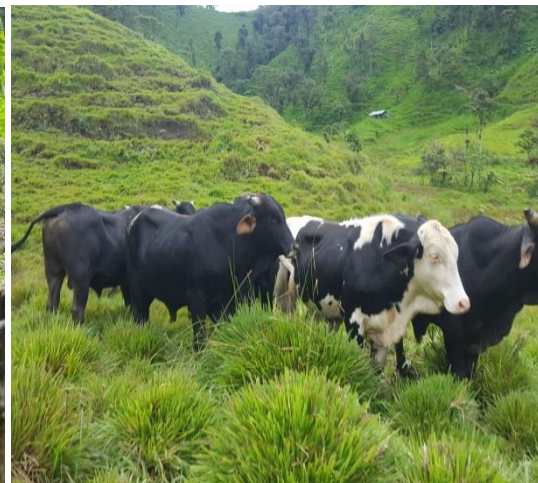
Anexo 5. Composición vegetal del área de estudio



Anexo 6. Principales especies forestales



Anexo 7. Ganado bovino presente en la microcuenca del río Pamplona



Anexo 8. Aplicación del método del cuadrante en campo



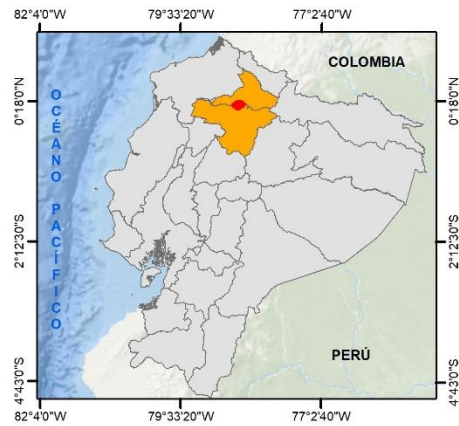
Anexo 9. Registro de datos de los puntos seleccionados para la práctica



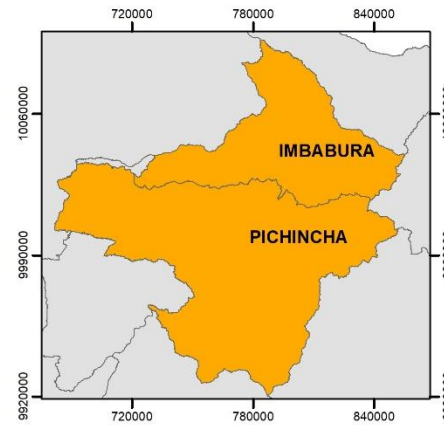
ANEXO II. MAPAS CARTOGRÁFICOS

UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PAMPLONA

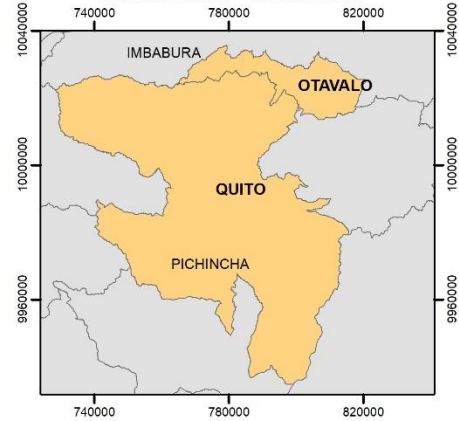
Ubicación Nacional



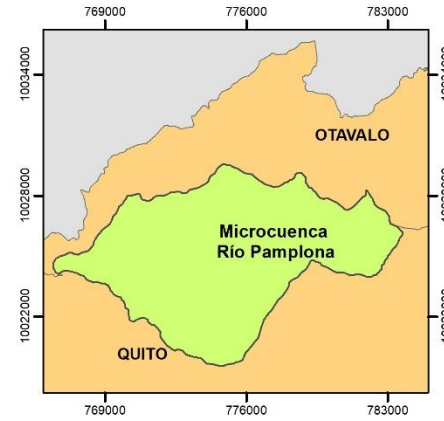
Ubicación Provincial



Ubicación Cantonal



Ubicación Local



Zona de estudio



0 140 280 560 Km

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

UTN Carrera de Recursos Naturales Renovables Ingeniería
IMBABURA - ECUADOR

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MAPA DE UBICACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PAMPLONA

ELABORADO POR:
Nathaly Guerra

Director:
Ing. Oscar Rosales, MSc

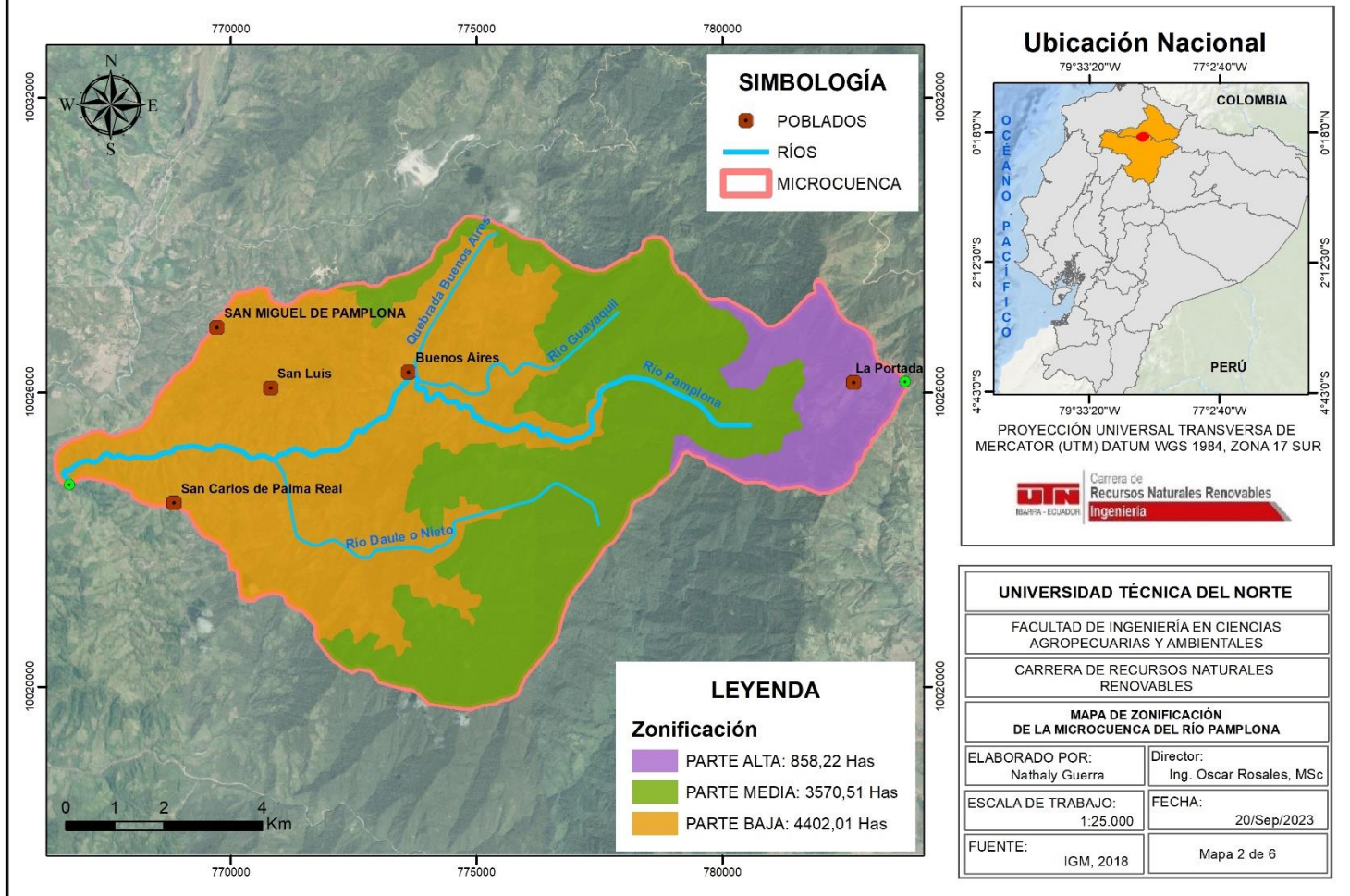
ESCALA DE TRABAJO:
1:25.000

FECHA:
20/Sep/20213

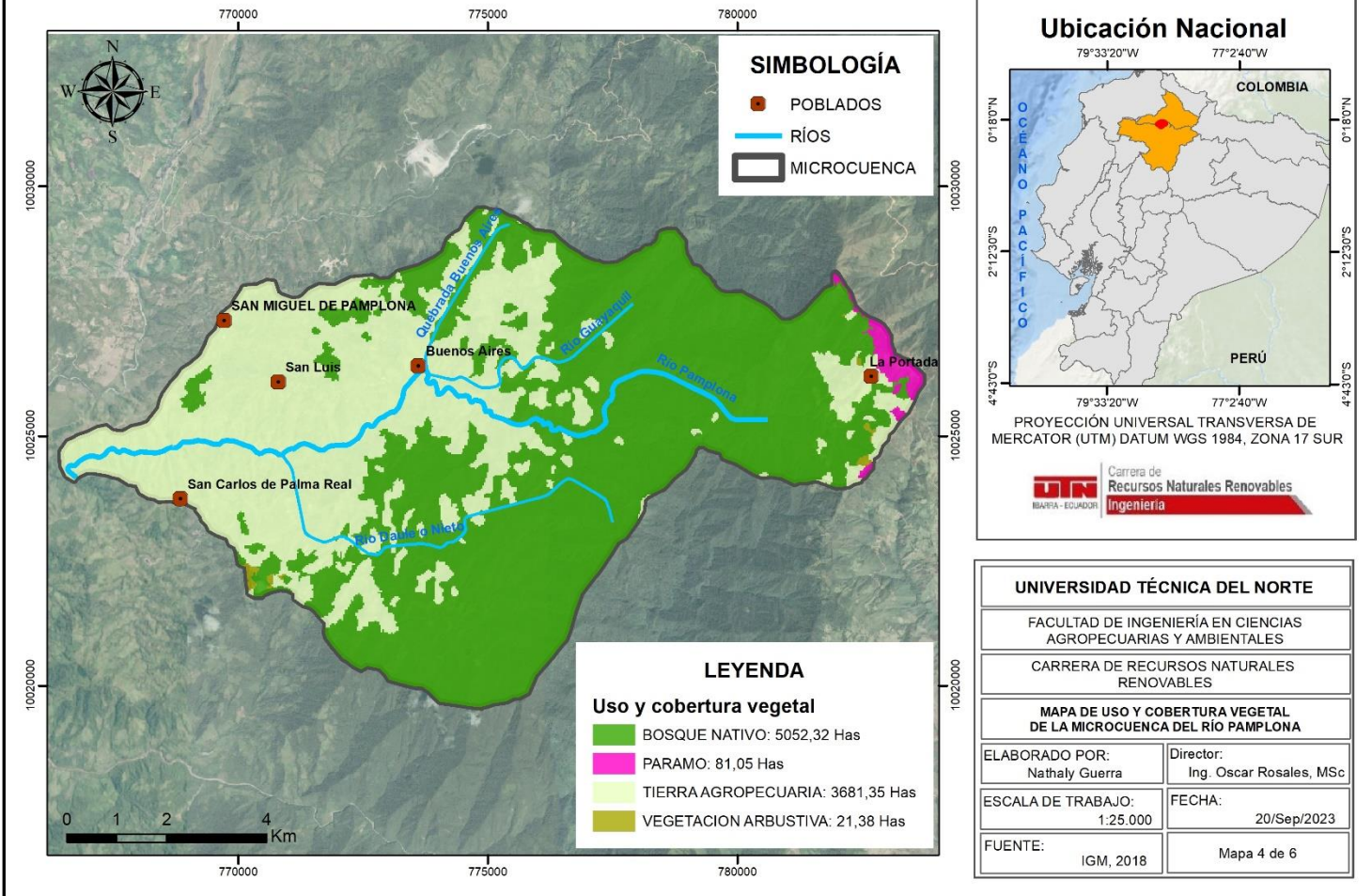
FUENTE:
IGM, 2018

Mapa 1 de 6

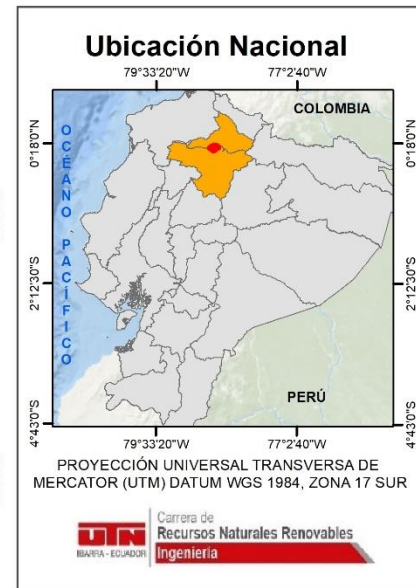
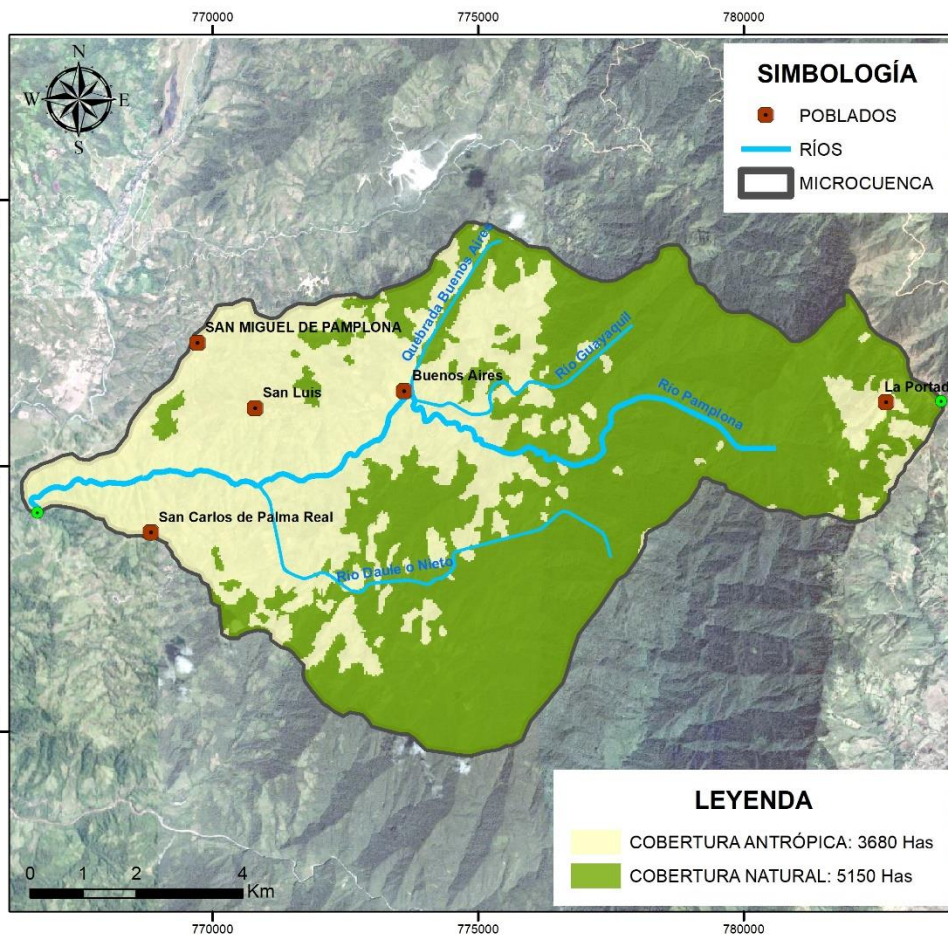
ZONIFICACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PAMPLONA



USO Y COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PAMPLONA

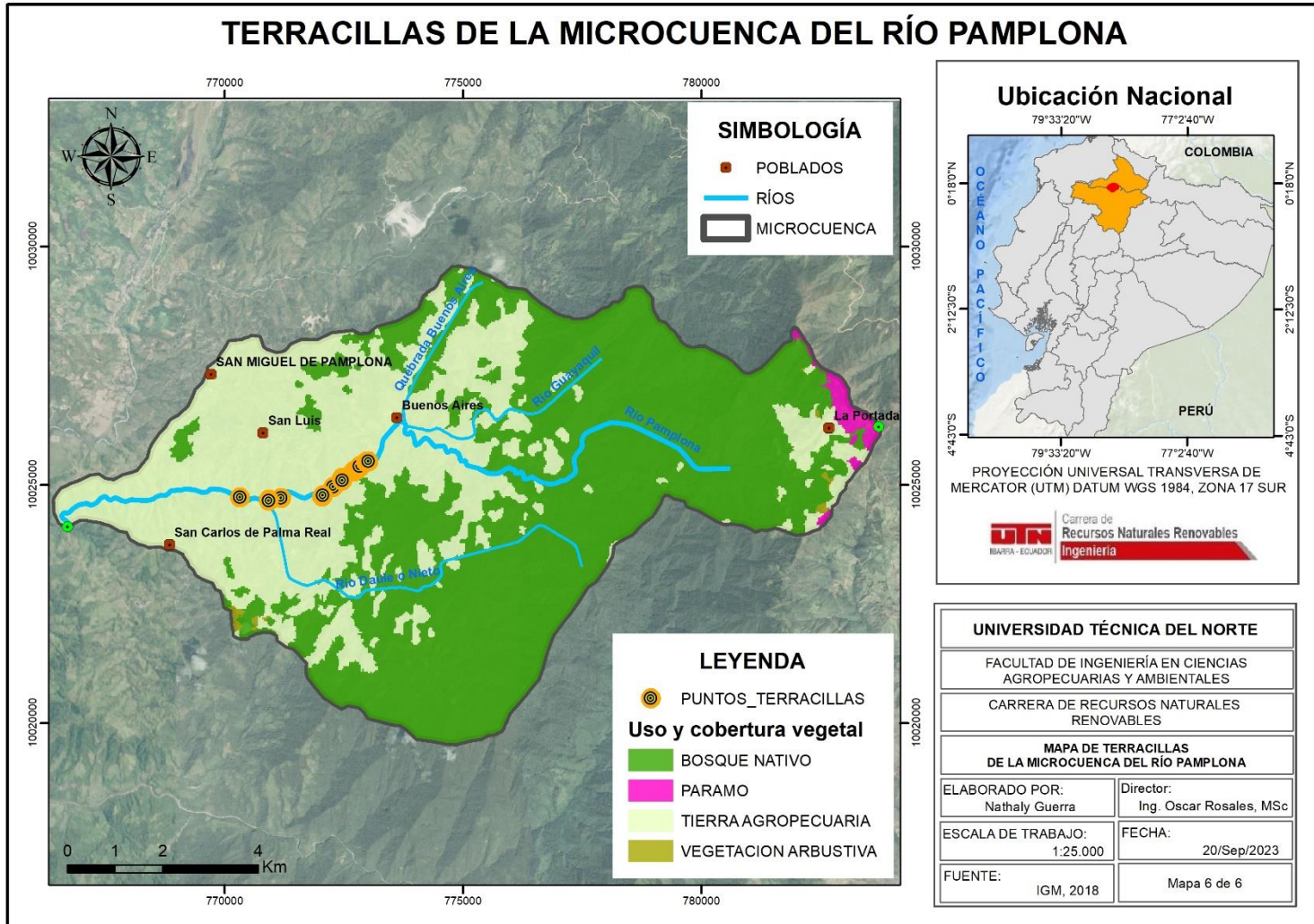


UNIDADES AMBIENTALES DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PAMPLONA

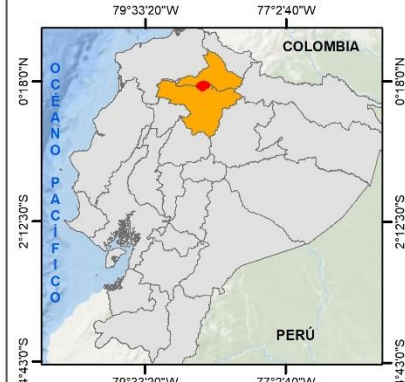


UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES	
CARRERA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES	
MAPA DE UNIDADES AMBIENTALES DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PAMPLONA	
ELABORADO POR: Nathaly Guerra	Director: Ing. Oscar Rosales, MSc
ESCALA DE TRABAJO: 1:25.000	FECHA: 20/Sep/2023
FUENTE: IGM, 2018	Mapa 5 de 6

TERRACILLAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PAMPLONA



Ubicación Nacional



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



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

MAPA DE TERRACILLAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PAMPLONA

ELABORADO POR: Nathaly Guerra	Director: Ing. Oscar Rosales, MSc
ESCALA DE TRABAJO: 1:25.000	FECHA: 20/Sep/2023
FUENTE: IGM, 2018	Mapa 6 de 6