



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**IMPACTOS DE LA DEFORESTACIÓN Y EROSIÓN HÍDRICA DE SUELOS EN LA
CUENCA SHOCOL-AMAZONAS**

Línea de investigación:

Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para optar el Grado Académico de
Doctor en Ingeniería Ambiental

Autor

Palomino Monterola, Fidel

Asesora:

López Raéz, Luz Eufemia

ORCID: 0000-0002-5425-1900

Jurado:

Jave Nakayo, Jorge Leonardo

Ccasani Allende, Julián

Esenarro Vargas, Doris.

Lima - Perú

2023

Dedicatoria

A la memoria de mis padres: Artemio Palomino y Ana Monterola, quienes guiaron mis pasos hacia un futuro mejor.

A mi esposa, Nancy Salvatierra, por su apoyo constante en el logro de este importante objetivo.

A mis hijos Danny, Heidi y Kevin para que les sirva de estímulo, en sus aspiraciones profesionales.

Agradecimiento

A la Dra. Luz López Ráez, asesora del presente estudio, por su paciencia y dedicación en las circunstancias que lo necesité.

A los doctores, Víctor Caro, Víctor Egoavil, Ferrer Maizondo y Maestro Mario De la Jara, por compartir sus experiencias en la elaboración y revisión de la presente tesis.

A los Ings. Jhony Larico por su apoyo en el SIG, Danny Palomino, por su apoyo en la revisión del APA del estudio y Luis A. Aróstegui por el aporte bibliográfico.

Al presidente de la Mancomunidad Shocol Sr. Alison Riva Novoa, por las facilidades brindadas en la realización del estudio.

Índice

Dedicatoria.....	1
Agradecimiento	2
Abstract.....	12
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 Planteamiento del problema	15
1.2 Descripción del problema.....	16
1.3 Formulación del problema.....	18
<i>1.3.1. Problema general.....</i>	<i>18</i>
<i>1.3.2. Problemas específicos.....</i>	<i>18</i>
1.4 Antecedentes.....	18
<i>1.4.1 Antecedentes internacionales.....</i>	<i>18</i>
<i>1.4.2 Antecedentes nacionales</i>	<i>20</i>
1.5 Justificación de la Investigación.....	24
1.6 Limitaciones de la investigación	25
1.7 Objetivos de la investigación.....	26
<i>1.7.1 Objetivo General.....</i>	<i>26</i>
<i>1.7.2 Objetivos específicos:</i>	<i>26</i>
1.8 Hipótesis.....	26
<i>1.8.1 Hipótesis general</i>	<i>26</i>
<i>1.8.2 Hipótesis específicas</i>	<i>26</i>
2 MARCO TEÓRICO.....	27
2.1 Marco conceptual	27
<i>2.1.1 Cuenca Hidrográfica</i>	<i>27</i>

2.1.2	<i>Clasificación de las cuencas</i>	27
2.1.3	<i>Subcuenca</i>	28
2.1.4	<i>Microcuenca</i>	28
2.1.5	<i>Divisoria de aguas</i>	28
2.1.6	<i>Afluentes</i>	28
2.1.7	<i>Caudal</i>	28
2.1.8	<i>Pendiente de la cuenca</i>	28
2.1.9	<i>Bosque natural</i>	28
2.1.10	<i>Biomasa del bosque</i>	29
2.1.11	<i>Importancia de la cobertura vegetal</i>	29
2.1.12	<i>Bosque nublado</i>	29
2.1.13	<i>Deforestación</i>	30
2.1.14	<i>Tasa de deforestación</i>	31
2.1.15	<i>Tasa media anual de deforestación (TMAD)</i>	31
2.1.16	<i>Monitoreo del cambio de la superficie cubierta por bosque natural</i>	31
2.1.17	<i>Causas de la deforestación</i>	31
2.1.18	<i>Incendios forestales</i>	31
2.1.19	<i>Pérdida de hábitat, biodiversidad y suelo</i>	32
2.1.20	<i>Erosión hídrica</i>	32
2.1.21	<i>Tipos de erosión hídrica</i>	32
2.1.22	<i>Factores que intervienen en el proceso de erosión hídrica</i>	33
2.1.23	<i>Precipitación pluvial</i>	34
2.1.24	<i>Precipitación horizontal</i>	34
2.1.25	<i>Relieve</i>	34
2.1.26	<i>Esorrentía</i>	34

2.1.27	<i>Infiltración</i>	35
2.1.28	<i>Percolación</i>	35
2.1.29	<i>Retención hídrica</i>	35
2.1.30	<i>Tasa de erosión</i>	35
2.1.31	<i>Degradación del suelo</i>	35
2.1.32	<i>Intercepción y redistribución de las precipitaciones</i>	36
3	MÉTODO	37
3.1	Tipo de investigación	38
3.2	Población y muestra	38
3.2.1	<i>Población</i>	38
3.2.2	<i>Muestra</i>	38
3.3	Operacionalización de variables	38
3.4	Instrumentos	40
3.5	Procedimientos	41
3.5.1	<i>Delimitación de la cuenca Shocol</i>	41
3.5.2	<i>Cuantificación de la superficie de bosques naturales deforestados</i>	41
3.5.3	<i>Tasa media anual de deforestación (TMAD)</i>	42
3.5.4	<i>Tasa de deforestación en porcentaje</i>	42
3.5.5	<i>Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica superficial</i>	43
3.5.5.1	Factor (R) Índice de erosividad de la lluvia.	44
3.5.5.2	Factor (K) Erodabilidad.....	45
3.5.5.3	Factor (C) Efecto de la cobertura vegetal.	45
3.5.5.4	Factor (LS) Topográfico.....	46
3.5.5.5	Factor (P) Aplicación de prácticas de conservación de suelos.	47
3.5.6	<i>Variables meteorológicas imperantes en la cuenca Shocol</i>	47

3.5.6.1	Precipitación.....	48
3.5.6.2	Temperatura.....	48
3.5.6.3	Velocidad del viento.....	48
3.5.6.4	Evaporación.....	48
3.5.7	<i>Determinación del volumen de agua producido en la cuenca Shocol.....</i>	48
3.5.8	<i>Impactos de la deforestación y la erosión hídrica de suelos.....</i>	49
3.6	Análisis de datos.....	49
3.7	Consideraciones éticas.....	50
4	RESULTADOS.....	51
4.1	Contrastación de hipótesis.....	51
4.1.1	<i>Hipótesis general.....</i>	51
4.1.2	<i>Hipótesis específicas.....</i>	51
4.2	Análisis e interpretación.....	52
4.2.1	<i>Delimitación y división de la Cuenca Shocol.....</i>	52
4.2.1.1	Cuenca Baja.....	52
4.2.1.2	Cuenca Media.....	52
4.2.1.3	Cuenca Alta.....	52
4.2.2	<i>Cuantificación de la deforestación en la Cuenca Shocol.....</i>	54
4.2.2.1	Tasa media anual de deforestación (TMAD).....	55
4.2.2.2	Tasa de deforestación en porcentaje.....	56
4.2.3	<i>Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica superficial.....</i>	56
4.2.3.1	Factor (R) Índice de erosividad de la lluvia.....	56
4.2.3.2	Factor (K) Erodabilidad.....	57
4.2.3.3	Factor (C) Efecto de la cobertura vegetal.....	58
4.2.3.4	Factor Topográfico (LS).....	59

4.2.3.5	Factor (P) Aplicación de prácticas de conservación de suelos.....	60
4.2.4	<i>Pérdida de suelo estimado con el método USLE.</i>	60
4.2.5	<i>Variables Meteorológicas en la Cuenca Shocol</i>	62
4.2.5.1	Precipitación.	62
4.2.5.2	Temperatura.....	63
4.2.5.3	Velocidad del viento.....	63
4.2.5.4	Evaporación.....	64
4.2.6	<i>Volumen de agua producido en la Cuenca Shocol.</i>	64
4.2.7.3	<i>Impactos de la deforestación y erosión hídrica.</i>	67
4.2.7.4	<i>Degradación de suelos deforestados</i>	67
4.2.7.5	4.2.7.2 <i>Traslado de sedimentos y palizadas</i>	68
4.2.7.6	<i>Erosión de riberas deforestadas</i>	69
4.2.7.7	<i>Colmatación de cursos de agua</i>	70
4.2.7.8	<i>Taponamiento de sumideros</i>	71
4.2.7.9	<i>Inundación de propiedades</i>	73
4.2.7.10	<i>Población Impactada</i>	75
5	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	76
5.1	Cuantificación de la superficie de bosques deforestados	76
5.2	Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica.	77
5.3	Zonas críticas de producción de sedimentos	78
5.4	Volumen de agua producido en la cuenca Shocol.....	79
5.5	Impactos de la deforestación y la erosión hídrica	80
6	CONCLUSIONES	82
7	RECOMENDACIONES	83
8	REFERENCIAS	84

9	ANEXOS	89
	Anexo A. Formato de aforo de Ríos y Quebradas	90
	Anexo B. Fotos	91
	Anexo C. Matriz de Consistencia	96
	Anexo D. Longitud de riberas expuestas a la erosión hídrica.....	97
	Anexo E. Sumideros de la Cuenca Shocol.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación de las cuencas hidrográficas según su tamaño</i>	27
Tabla 2 <i>Niveles de erosión para evaluación de degradación de suelos</i>	35
Tabla 3 <i>Operacionalización de variables</i>	39
Tabla 4 <i>Indicadores e instrumentos</i>	40
Tabla 5 <i>Factor C, valores de la cobertura vegetal (Wischmeier y Smith, 1978)</i>	46
Tabla 6 <i>Factor LS por el Método de Minteguii</i>	47
Tabla 7 <i>División de áreas de la cuenca Shocol</i>	53
Tabla 8 <i>Tipos de suelos deforestados en la cuenca Shocol al 2021</i>	55
Tabla 9 <i>Detalle de la pérdida de suelos por erosión hídrica en la cuenca Shocol</i>	62
Tabla 10 <i>Principales tributarios de agua superficial aforados en la cuenca Shocol</i>	66
Tabla 11 <i>Oferta y demanda de agua en la cuenca Shocol</i>	66
Tabla 12 <i>Población, PEA y Viviendas en la Cuenca Shocol</i>	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo en la provincia de Rodríguez de Mendoza</i>	23
Figuras 2 <i>Deforestación en suelos de aptitud forestal y protección en el Cuenca Media</i>	30
Figura 3 <i>Mapa de ubicación - Departamento Amazonas, Provincia de Rodríguez de Mendoza y los distritos de Limabamba, Totorá, Milpuc, Chirimoto y Santa Rosa</i>	37
Figura 4 <i>Flujograma de la metodología de cálculo de la erosión hídrica superficial</i>	44
Figura 5 <i>Mapa de la cuenca Shocol y sus divisiones</i>	53
Figura 6 <i>Mapa de deforestación de la Cuenca Shocol entre 1900-2020</i>	54
Figura 7 <i>Decrecimiento de bosques naturales</i>	56
Figuras 8 <i>Mapa de distribución del factor “R” en la cuenca Shocol</i>	57
Figura 9 <i>Factor K, Erodabilidad de los suelos en la cuenca Shocol</i>	58
Figura 10 <i>Mapa de distribución del factor C</i>	59
Figura 11 <i>Mapa de distribución del factor LS</i>	60
Figura 12 <i>Mapa de la erosión hídrica de suelos en la cuenca Shocol</i>	61
Figura 13 <i>Precipitación total promedio mensual (mm)</i>	62
Figura 14 <i>Temperatura media mensual en °C</i>	63
Figura 15 <i>Velocidad del viento media mensual (m/s)</i>	63
Figura 16 <i>Evaporación media mensual (mm)</i>	64
Figura 17 <i>Mapa hidrológico de la cuenca Shocol</i>	65
Figura 18 <i>Suelos de aptitud forestal y de protección deforestados y degradados</i>	68
Figura 19 <i>Traslado de Sedimentos y palizadas desde la Cuenca Alta</i>	69
Figura 20 <i>Riberas deforestadas en la cuenca media, expuestas a la erosión</i>	70
Figura 21 <i>Ubicación de los sumideros naturales</i>	71
Figura 22 <i>Taponamiento de los sumideros de Milpuc con sedimentos y palizadas</i>	72
Figura 23 <i>Inundación de propiedades</i>	73
Figura 24 <i>Proyección de inundaciones en Tr=100 años</i>	74

Resumen

El objetivo de la investigación fue identificar los impactos de la deforestación de los bosques naturales y la erosión hídrica de suelos en la Cuenca Shocol. El método empleado es de tipo no experimental, cuantitativa y longitudinal, donde la situación actual de las variables de estudio se observó en su ambiente natural. La cuantificación de la superficie de los bosques deforestados, se realizó empleando el mapa Google Earth Pro de los años 1975, 2000 y 2020; la estimación de la pérdida de suelos, se realizó aplicando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos USLE, complementándose con el uso del Sistema de Información Geográfica (SIG); la determinación del volumen de agua producido en la cuenca se realizó mediante el aforo de los 10 principales tributarios. Los resultados de la investigación indican que la deforestación de los bosques naturales en un horizonte de 120 años, es de 24,593 ha, con una tasa media anual de 204.85 ha/año; la pérdida de suelos aplicando la ecuación universal de pérdida de suelos (USLE) varían entre 0.01 a 30 t/ha/año; siendo los suelos de protección, los mayores productores de sedimentos con 30 t/ha/año; la producción de agua en la cuenca es de 15.21 m³/s y la población impactada es de 7,530 pobladores establecidos en 69 centros poblados. En conclusión: La deforestación de los bosques naturales en la Cuenca Shocol en una superficie de 24,593 ha y la producción de sedimentos de 15 a 30 t/ha/año, tienen impactos ambientales negativos traducidos en: degradación de suelos, traslado de sedimentos y palizadas hacia la cuenca baja, erosión de riberas deforestadas, colmatación y modificación de cursos de agua, taponamiento de sumideros e inundación de propiedades, impactando principalmente a la población asentada en la cuenca baja

Palabras clave: deforestación, erosión hídrica, manejo de cuencas hidrográficas, impactos de la deforestación de bosques naturales.

Abstract

The objective of the research was to identify the impacts of deforestation of natural forests and water erosion of soils in the Shocol Basin. The method used is non-experimental, quantitative and longitudinal, where the current situation of the study variables was observed in their natural environment. The quantification of the area of deforested forests was carried out using the Google Earth Pro map for the years 1975, 2000 and 2020; the estimation of soil loss was carried out by applying the Universal Soil Loss Equation USLE, complemented with the use of the Geographic Information System (GIS); the determination of the volume of water produced in the basin was carried out by gauging the 10 main tributaries. The results of the research indicate that the deforestation of natural forests over a 120-year horizon is 24,593 ha, with an average annual rate of 204.85 ha/year; the loss of soils using the universal soil loss equation (USLE) varies between 0.01 to 30 t/ha/year; being the protection soils the biggest producers of sediments with 30 t/ha/year; the water production in the basin is 15.21 m³/s and the impacted population is 7,530 inhabitants established in 69 populated centers. In conclusion: The deforestation of natural forests in the Shocol Basin over an area of 24,593 ha and sediment production of 15 to 30 t/ha/year, have negative environmental impacts translated into: soil degradation, transfer of sediment and silt towards the lower basin, erosion of deforested banks, clogging and modification of watercourses, clogging of drains and flooding of properties, mainly impacting the population settled in the lower basin.

Key words: deforestation, water erosion, watershed management, impacts of deforestation on natural forests.

I. INTRODUCCIÓN

Shocol, es una cuenca hidrográfica ubicada en la provincia de Rodríguez de Mendoza y Región Amazonas, donde predominan los suelos de protección con una superficie de 12,390 ha, seguido por suelos de aptitud forestal con una superficie de 9,669 ha y por suelos de aptitud agrícola con una superficie de 2,534 ha, donde la intervención de los colonizadores desde 1900 a 2020 ha generado la deforestación de 24,593 ha de bosques naturales para convertirlos en pastizales y terrenos agrícolas. Una consecuencia de la deforestación de los bosques naturales en esta cuenca, es la pérdida de suelos por erosión hídrica superficial, donde los suelos de aptitud agrícola tienen una pérdida de 5.00 t/ha/año, los suelos de aptitud forestal 15.00 t/ha/año y los suelos de protección 30 t/ha/año; el volumen total de agua producido en la cuenca es de 15.21 m³/s, existiendo un superávit de 120.87 Hm³ de agua. El incremento de la deforestación de suelos de aptitud forestal y de protección, vienen causando impactos ambientales como: la degradación de suelos deforestados, traslado de sedimentos y palizadas, colmatación y cambio de cursos de agua, taponamiento de sumideros e inundación en terrenos agrícolas, pastizales, viviendas y vías de comunicación en la cuenca baja.

Respecto la deforestación de los bosques naturales y erosión hídrica de suelos, diversos autores mencionan que:

Los bosques naturales son sistemas de producción de biomasa constante, de las cuales un 5% aproximado se acumula sobre la superficie del suelo como materia orgánica en descomposición, para nuevamente ser asimilada por la vegetación del bosque. La tala y quema de los bosques interrumpe este ciclo, perdiendo el suelo su fertilidad natural (Rimarachín, 2019).

(Ramos y De la Tejera 2016, p. 56) Mencionan que los bosques están directamente relacionados con las actividades socioeconómicas del hombre, que se benefician de los productos del bosque en diversas escalas de tiempo.

Morales et al., 2016, p. 2 Manifiestan que la deforestación de los bosques para destinarlos a la agricultura y ganadería, han producido variaciones en las características físicas y químicas del suelo, disminuyendo la materia orgánica y nutrientes, favoreciendo el incremento de la escorrentía superficial y la erosión del suelo, con la contribución de mayores volúmenes de sedimentos al cauce principal del Río.

Respecto la erosión del suelo, Ganasri y Ramesh 2016, p. 935-961 Refieren, que es un problema originado por la intensificación del uso agrícola y la consecuente pérdida de la fertilidad del suelo. La estimación de la tasa de erosión es útil para planificar las acciones de conservación de la cuenca hidrográfica.

La deforestación de los bosques disminuye los beneficios que estos hacen al planeta como: preservar la cobertura vegetal del suelo, contribuir en la regulación del ciclo hidrológico, almacenar el CO₂, permitir el refugio de variadas especies de fauna y dar valor agregado al paisaje. La desaparición de los bosques, tienen relación directa con la concepción antropocéntrica, donde los recursos naturales se ven como despensa infinita solo al servicio del hombre y no respetando su existencia como un ecosistema cuyos componentes requieren de cuidado y conservación para su desarrollo sostenible (García, 2016).

Frente a la deforestación, los sistemas agroforestales y silvopastoriles son alternativas de uso sostenible de los recursos en una cuenca, donde cohabitan en la misma parcela: la agricultura, ganadería y forestaría de forma interrelacionada (Varela y Russh 2019, p. 256)

El objetivo de la investigación fue, identificar los impactos negativos de la deforestación de los bosques naturales, como la erosión hídrica de los suelos y otros colaterales, donde se empleó el diseño no experimental cuantitativo y longitudinal, habiéndose observado las variables de estudio en su ambiente natural.

Considerando el estado actual de conservación de los recursos: suelo, agua, vegetación y sus impactos negativos en la cuenca Shocol, es de vital importancia proponer las alternativas para estabilizar los suelos deforestados y mitigar sus impactos en la cuenca.

1.1 Planteamiento del problema

La deforestación de los bosques, constituye un grave problema ambiental a escala mundial que se ha acelerado durante las últimas décadas: se necesitaron cinco siglos para perder el 30% del área boscosa mundial (1,800 millones de ha) y solo un decenio (2000-2010) para deforestar 130 millones de hectáreas, lo cual evidencia un ritmo 36 veces más rápido que el anterior; de continuar esa tendencia, los bosques del planeta desaparecerían por completo dentro de los próximos 775 años (Gómez, (2018).

En la Agenda 2030 de la FAO, los bosques son elementos claves por ser fuentes de alimentos, medicinas y biocombustible para más de mil millones de personas; que conservan los suelos, el agua y los bosques, albergando a más de las tres cuartas partes de la biodiversidad terrestre y contribuyen a mitigar el cambio climático. Los bosques son fuente de variados productos y servicios que favorecen al desarrollo socioeconómico, creando oportunidades de empleos e ingresos para más de mil millones de personas en el mundo (FAO, (2020).

Cuantificar y zonificar las pérdidas del suelo, es primordial en la implementación de prácticas de conservación; a escala mundial, la degradación de suelos por las actividades desarrolladas por el hombre, supera los 2,000 millones de ha, de las cuales, 1,100 millones de ha son por erosión hídrica Ganasri y Ramesh 2016, p. 935-961.

El cambio de uso de los bosques para destinarlos a la agricultura, ha causado la pérdida de la calidad física, química y biológica de los suelos en todo el mundo, generando

problemas de erosión, pérdida de suelos y deterioro de los ecosistemas (Acosta et al., 2017, p. 1).

América Latina dispone de las reservas boscosas más importantes del mundo, donde la constante deforestación producida en este siglo ha concitado interés por la difusión de sus consecuencias negativas. Para América Latina en conjunto, la deforestación en la década de los 80' alcanzó una tasa de 0.61%; en Brasil la tasa de deforestación fue de 21,000 km² para la década de 1978-1988; en México a principios del siglo, el 12.8% del territorio estaba cubierto de bosques, hoy solo lo cubre el 2.8%; en Argentina para 1914, la extensión de sus bosques era de 106 millones de hectáreas, hoy los bosques solo cubren 35 millones de hectáreas. En la Amazonia peruana, alrededor de 2,849 km² de bosques naturales son deforestados anualmente, el 80% de ellos de manera ilegal. Esta pérdida de biomasa vegetal asociada a la quema, es la responsable de las emisiones de gases de efecto invernadero con sus consecuencias en el cambio climático (Schwartz y Smith, 2015, p. 2)

La deforestación de los bosques naturales y la consecuente erosión hídrica de suelos en la Cuenca Shocol, vienen generando serios problemas de traslado de sedimentos y palizadas hacia la cuenca baja, taponando los sumideros naturales de salida de agua y causando la inundación de terrenos agrícolas, pastizales, casas y vías de acceso entre los distritos de Milpuc, Chirimoto, Totorá y Limabamba.

En este contexto, es de vital importancia cuantificar los impactos de la deforestación producida en la Cuenca Shocol, a fin de plantear alternativas de solución para su aprovechamiento sostenible.

1.2 Descripción del problema

Los bosques naturales son el hábitat de numerosas especies de flora y fauna, los que debido al cambio de uso del suelo para uso agrícola y ganadero incrementan las áreas sin

cobertura vegetal, generando la variación del balance hídrico, erosión del suelo y el traslado de sedimentos hacia el cauce principal y las partes bajas de la cuenca (Ballesteros y Ñacato, (2020).

(Morales et al., 2016, pp. 7-22). Manifiestan que la deforestación ha producido variaciones en las características físicas y químicas del suelo, incrementando la escorrentía superficial, modificación del ciclo hidrológico y el aporte de sedimentos al cauce principal, generando impactos ambientales en los componentes de la cuenca; por lo que es importante conocer el potencial que posee el suelo a fin de tener una relación equilibrada entre naturaleza y sociedad.

Según, Urquiza (2020) la selva alta Perú es la más deforestada, concentrándose el cambio de uso de los suelos en lugares como: Jaén y San Ignacio en Cajamarca; Bagua y Rodríguez de Mendoza en Amazonas; Alto Mayo en San Martín; Alto Huallaga en Huánuco; selva central en los departamentos de Pasco y Junín y, Río Apurímac entre los departamentos de Ayacucho y Cusco. La tasa deforestación a nivel nacional es de 261,158 ha/año (0.35%), que equivale a deforestar 716 ha/día.

Para, (Molina et al., 2021, p. 21). Los cambios de la cobertura boscosa, acentúan el riesgo natural originado por las precipitaciones pluviales, aumentando la probabilidad de pérdidas de suelo por erosión y el riesgo de las poblaciones asentadas en las fajas marginales de los ríos ante eventos de inundación.

Cuantificar la erosión hídrica de suelos, es primordial para implementar adecuadas prácticas de conservación. A escala planetaria la degradación de suelos por las actividades del hombre supera los 2,000 millones de hectáreas, de las cuales 1,100 millones son por erosión hídrica (Ganasri & Ramesh, 2015)

En los últimos 50 años, la modificación de los ecosistemas se produjo con mayor rapidez en comparación a otros períodos de tiempo de la historia humana, gran parte de ellos

para solucionar las demandas crecientes de: alimentos, agua, madera, fibra y combustible. Los cambios generados en los ecosistemas han permitido tener considerables utilidades para el bienestar humano con la creciente degradación de los ecosistemas. Reid et al., 2003, p. 5

1.3 Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo impacta la deforestación del bosque natural en la erosión hídrica de los suelos de la cuenca Shocol?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la superficie de bosques naturales deforestada en la cuenca Shocol?
- ¿Cuál es el volumen de sedimentos producidos por erosión hídrica en la cuenca Shocol?
- ¿Cuáles son los sectores de mayor producción de sedimentos?
- ¿Cuál es el volumen de agua producido en la cuenca Shocol?
- ¿Cuáles son los impactos de la deforestación y la erosión hídrica de los suelos en la Cuenca Shocol?

1.4 Antecedentes

1.4.1 Antecedentes internacionales

La Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, FAO (2020) reporta que, en los últimos 30 años, la deforestación de los bosques ha alcanzado escalas alarmantes, habiéndose perdido un promedio de 420 millones de hectáreas de bosques para destinarlos al desarrollo agrícola, ganadero y en algunos casos para la explotación forestal.

Rozo (2020) y Mónaco (2020) mencionan que la deforestación se produce por causas directas como el crecimiento de las actividades agropecuarias, el desarrollo de infraestructuras y la deficiente aplicación de la legislación sin control. Las causas indirectas

están dadas por los factores demográficos, políticos, económicos, tecnológicos y culturales. Una consecuencia de la deforestación es la modificación del ciclo hidrológico, la pérdida de fertilidad de los suelos, el incremento de la emisión de gases como el CO₂ y la pérdida de la biodiversidad; la disminución de la cobertura vegetal disminuye también la intercepción de las gotas de lluvia por parte de los árboles, quedando el suelo descubierto la mayor parte del año, aumentando la escorrentía superficial, la erosión hídrica y las frecuentes inundaciones.

(Azqueta 2021, p. 4) menciona que los países de América Latina poseen la más alta biodiversidad y capital natural del mundo, donde los servicios ecosistémicos que proporcionan tienen un alto valor económico, pero que continuamente vienen siendo degradados por la aplicación de métodos insostenibles en su aprovechamiento. Por esta razón el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales está concitando interés y creciente protagonismo en organizaciones internacionales como el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, que defiende su conservación y aprovechamiento sostenible como motor de su desarrollo.

FAO (2020) en la Agenda para el desarrollo sostenible 2030 menciona que, los bosques constituyen una fuente importante de alimentos, medicinas y biocombustible para más de 1,000 millones de personas que protegen y conservan los suelos, el agua y la biodiversidad, contribuyendo indirectamente a mitigar los efectos del cambio climático.

(Mojardín et al., 2017, pp. 1-5) En el estudio de la deforestación y sus causas en el estado de Sinaloa - México, utilizaron mapas de uso del suelo y vegetación de los años: 1993 - 2011 para estimar los cambios de uso de los suelos en el horizonte de evaluación. Los resultados muestran una deforestación de 126.50 km²/año y una tasa media anual de 0.41%.

Según FAO (2018) los suelos y los bosques, son los reservorios de agua dulce que requiere la biodiversidad del planeta y son determinantes en la regulación de la cantidad y calidad requeridas por los ecosistemas; sin embargo, debido a prácticas de aprovechamiento

no sostenibles en agricultura, silvicultura, pastoreo y otros, complementado por los efectos extremos del cambio climático generan su degradación. Se estima que la demanda de suelos de una población creciente para el año 2050 aumentará en un 60%.

Gutiérrez (2017) manifiesta que, la erosión hídrica incide negativamente en la degradación del suelo y afecta en algún grado a más del 50% de la superficie colombiana. La pérdida de suelos por erosión hídrica altera las propiedades físicas del suelo y los contenidos de materia orgánica, disminuyendo su fertilidad y productividad, generando impactos ambientales indirectos que desequilibran los componentes del ecosistema.

Molina et al., 2021, p. 21. Mencionan que la cobertura vegetal protege al suelo de la erosión mediante su follaje, hojarasca y raíces. Una vegetación densa protege el suelo del impacto de las gotas de lluvia, reduciendo la escorrentía superficial e incrementando las tasas de infiltración al subsuelo. En cuencas donde se ha realizado la reforestación, la tasa de erosión es 4.4 veces menores que las cuencas cubiertas por suelos degradados.

Blanco (2019) aplicando la Ecuación Universal Revisada de Pérdida de Suelo (RUSLE) y el análisis espacial con ArcGIS, se obtuvo el mapa de erosión hídrica de la microcuenca del cauce 31 de diciembre-Nicaragua, donde la tasa media anual de erosión varía de 25 a 100 t/ha/año en la parte media de la microcuenca, representando un nivel erosivo alto, y de 6 a 25 t/ha/año en la parte alta, representando un nivel erosivo moderado.

1.4.2 Antecedentes nacionales

Según Calderón (2020), La Amazonía peruana es un bioma de altísima biodiversidad, que pone de manifiesto también una alta vulnerabilidad frente al desarrollo económico, social y tecnológico que transforma constantemente el espacio geográfico y, en consecuencia, el medio ambiente, generando así una dinámica territorial que ha promovido la deforestación y degradación del paisaje forestal. Sólo durante el año 2018, la Amazonía peruana perdió

154,766 ha de cobertura forestal. El departamento de San Martín contribuyó con 21,376 ha, equivalente al 14% de la deforestación a escala nacional, siendo el departamento con la tasa más alta de deforestación de bosques tropicales durante el periodo 2000-2018.

Las provincias de San Martín, Bellavista, Mariscal Cáceres, Picota y Moyobamba son las que han tenido las mayores pérdidas de cobertura forestal en los últimos 10 años de acuerdo a los resultados del estudio “Análisis de cambios de cobertura forestal de la Región San Martín de los periodos 2000 – 2005 y 2005 –2010” (MINAM, 2014).

Salas et al., 2018, p. 2. En el estudio del área privada de conservación Tilacancha, demuestran que la deforestación está sujeta a los cambios provocados por el hombre, donde la tasa de deforestación (2000- 2016) fue de 2.06%.

Mendoza et al., 2017, p. 72. En el estudio “Análisis multitemporal de la deforestación usando la clasificación basada en objetos, distrito de Leimebamba-Amazonas”, tomando como base los bosques del año 1989, con una superficie de 15,059.49 ha, estos poseían una vegetación densa con ausencia de perturbaciones, para el año 1998, los bosques presentaban una extensión de 12,694.49 ha, revelándose una pérdida de 2,364.58 ha, con una tasa anual de deforestación de 262.7 ha/año

Cabrejos (2016) en el estudio “Determinación del riesgo, vulnerabilidad y la cuantificación de la erosión hídrica en la microcuenca del Río Atué -Amazonas” utilizó la ecuación USLE y concluyó que los suelos que presentan mayores incidencias erosivas son las ubicadas en las partes altas del territorio y en las riberas de los ríos; en los cuales, habitan pobladores de bajos niveles socioeconómicos.

Vásquez y Tapia 2011, p. 9. Realizaron el estudio de la pérdida de suelo por erosión hídrica y el efecto de las zanjas de infiltración en 22 microcuencas ubicadas en 12 regiones de la sierra peruana. Los resultados indican una tasa media de erosión de 45.04 t/ha/año y las zanjas de infiltración redujeron la pérdida de suelos en 20.60 t/ha/año.

Yataco Pérez (2006), en su tesis *“Evaluación Cuantitativa de la Erosión Hídrica Utilizando Varillas de Erosión en Suelos con Diferentes Grados de Cobertura Vegetal en la Comunidad Campesina de Yuracmayo, Lima”*, con el objetivo de conocer la interacción de la cobertura vegetal y la pendiente en la erosión hídrica, utilizó el método de varillas instaladas en parcelas de erosión para cuantificar la erosión y la sedimentación que se produce, tomando como muestra suelos con pendientes de 20° y 30° con 3 grados de pendiente y cobertura vegetal: densa, rala y sin cobertura, realizando mediciones cada 15 días, en la que concluye que la erosión hídrica en suelos sin cobertura fue mayor a la de un suelo con cobertura vegetal, debido a que la cobertura vegetal nativa “ichu” actúa como un eficiente protector del suelo disminuyendo considerablemente la erosión, además que la erosión en suelos sin cobertura y con 20° y 30° de pendiente alcanzan valores de 7.7 y 30.9 t/ha/año respectivamente.

Roncal (2006). En su tesis *“Influencia de las Plantaciones Forestales Sobre la Escorrentía superficial y la Erosión Hídrica en Porcón, Cajamarca”*, cuyo objetivo fue determinar la influencia de las plantaciones forestales en el control de la erosión, comparando la escorrentía superficial y la erosión en dos microcuencas (una con cobertura de pastos y otra con plantaciones forestales en la zona de Porcón – Cajamarca), utilizando dos formas diferentes de determinar el índice de erosividad, uno que considera una erosividad mayor a 25 mm/h y el clásico propuesto en la USLE. Además, utilizó el método de parcelas de varillas de erosión establecidas en dicha zona y llegó a la conclusión que la cobertura de las plantaciones forestales resulta más eficiente en el control de la erosión que los pastos cultivados.

Camacho y Gómez 2018 p. 1 En la investigación de erosión hídrica en función a las lluvias máximas en la subcuenca Cumbaza-San Martín, aplicó la Ecuación Universal de

Pérdida de Suelos (USLE) y los Sistemas de Información Geográfica (SIG); encontraron una tasa de erosión de 31 a 50 t/ha/año, donde los suelos tienen alta vulnerabilidad erosiva.

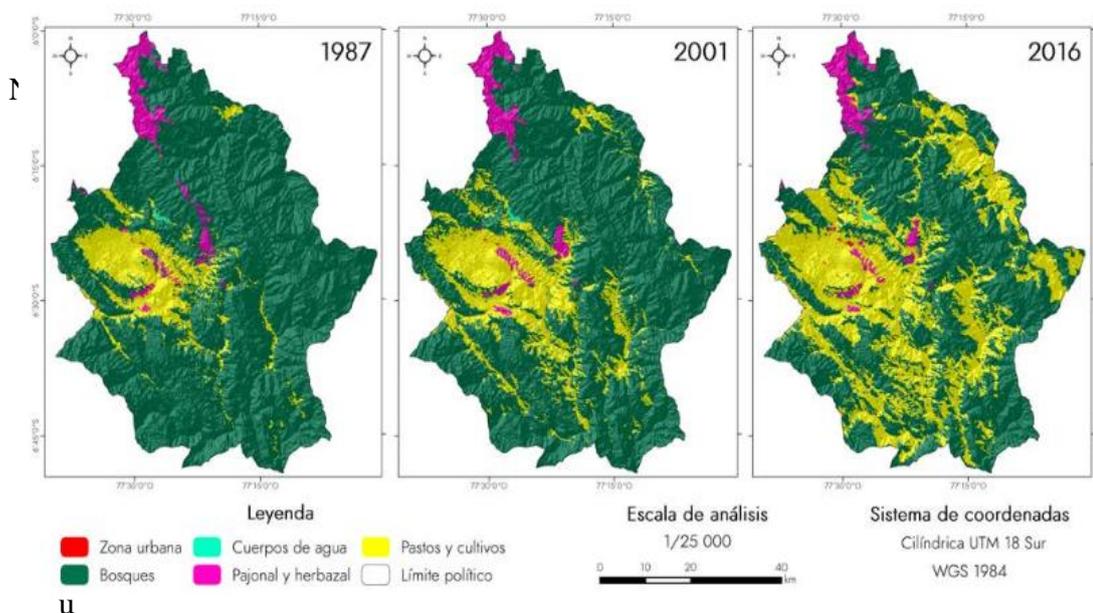
Miranda (2018) al referirse al cambio climático y recursos hídricos, menciona que el ciclo hidrológico y las precipitaciones pluviales, son formas de recarga del suministro de agua, cualquier cambio en la cobertura vegetal incide en la disminución de la frecuencia de las precipitaciones y/o estacionalidad de estas, dejando una huella notable sobre la disponibilidad y oferta del agua.

Rojas et al., 2019, p. 23 En el estudio Cambios de Cobertura y Uso del Suelo (CCUS) en la provincia de Rodríguez de Mendoza, encontraron cambios significativos en la deforestación de bosques naturales en el período 1987–2001 y 2001–2016.

Los resultados se aprecian en la Figura 1.

Figura 1

Mapa de cobertura vegetal y uso del suelo en la provincia de Rodríguez de Mendoza



Fuente: *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*

López (2018) refiere que la pérdida de la vegetación en las riberas es un proceso vinculado en gran medida a las actividades agropecuarias, que generan fuertes cambios e impactos en el ecosistema.

En la deforestación de los bosques en la cuenca Shocol, no se ha respetado los bosques ribereños ni la faja marginal, por lo que la tala de los bosques se ha realizado desde la ribera de los ríos hasta los suelos de aptitud forestal y de protección, exponiéndolos al embate de caudales concentrados que se intensifican en los meses de invierno.

Camargo et al., 2017, p. 3. Mencionan que la erosión del suelo se está reconociendo ahora, como una grave amenaza para la seguridad alimentaria y la estabilidad socio económica, por esta razón, proporcionar información fiable de su vulnerabilidad y niveles de riesgo, a los políticos en función y responsables del manejo de suelos, es un paso importante para su prevención y control.

El desarrollo del presente estudio se justifica, porque permitió conocer la problemática de la deforestación, la erosión hídrica superficial de los suelos y otros impactos colaterales indirectos, a fin de plantear las alternativas para la estabilización de los suelos deforestados y mitigar sus impactos en la cuenca baja.

1.5 Justificación de la Investigación

En lo académico, los resultados de la presente investigación, brindará información sobre la actualidad de la deforestación de bosques naturales en la Cuenca Shocol, la erosión hídrica de suelos y sus impactos ambientales colaterales como el traslado de sedimentos constituido principalmente por materia orgánica producido por reciclaje en el bosque, colmatación de riberas con el cambio de cursos de agua, taponamiento de sumideros naturales impidiendo la salida del agua de la cuenca e inundación de propiedades e infraestructuras generando grandes pérdidas económicas en la población asentada en la Cuenca Baja.

En lo práctico, los resultados de la presente investigación se podrán replicar en el uso sostenible de los recursos: suelo, agua y vegetación de otras cuencas hidrográficas, con similares condiciones climáticas y fisiográficas, aplicando las alternativas de solución planteadas en el presente estudio.

En lo social, el conocimiento de la población asentada en la cuenca Shocol y la situación actual del manejo de los recursos: suelo, agua y bosques, permitirá plantear las alternativas para la reforestación de suelos de aptitud forestal y de protección que se hallan en una situación de degradación ambiental, protección y estabilización de riberas deforestadas que pierden suelos agrícolas mediante erosión por socavación y la aplicación prácticas de conservación de suelos como terrazas de formación, muros disipadores de energía, agroforestería, silvopasturas y otros, que contribuyan en el aprovechamiento sostenible de los recursos generando oportunidades económicas con la ejecución de los proyectos.

1.6 Limitaciones de la investigación

La primera dificultad encontrada, fue la obtención de las imágenes satelitales requeridas para realizar el estudio de deforestación de la cuenca y la erosión hídrica de los suelos, la misma que fue superada con el apoyo de la Empresa HC & ASOCIADOS S.R.L.

La disponibilidad de la información meteorológica y climática de la cuenca Shocol, fue otra dificultad, que se superó empleando la información estadística de las estaciones meteorológicas ubicadas en las proximidades de la cuenca, según el detalle siguiente: precipitación, temperatura, evaporación, humedad relativa y velocidad del viento de las estaciones Chachapoyas, Rodríguez de Mendoza y Soritor.

La dispersión de la población asentada en parcelas agrícolas fue otra dificultad para la obtención de la información socioeconómica de la población, por lo que se tuvo que recorrer a la información secundaria del Censo de Población y Vivienda 2017.

1.7 Objetivos de la investigación

1.7.1 Objetivo General

Determinar los impactos negativos de la deforestación de los bosques naturales de la cuenca Shocol.

1.7.2 Objetivos específicos:

- Determinar la superficie de bosques naturales deforestadas en la cuenca Shocol.
- Estimar el volumen de sedimentos producidos por erosión hídrica superficial
- Identificar zonas críticas de producción de sedimentos.
- Determinar el volumen de agua producido en la cuenca Shocol.
- Identificar los impactos de la deforestación y la erosión hídrica de suelos.

1.8 Hipótesis

1.8.1 Hipótesis general

La deforestación de los bosques naturales de la cuenca Shocol, tienen impactos negativos como la erosión hídrica de los suelos y otros colaterales en la cuenca baja.

1.8.2 Hipótesis específicas

- La superficie de bosques naturales deforestados en la Cuenca es alta.
- El volumen de sedimentos generados en la cuenca es alto
- En la cuenca Shocol, existen zonas críticas de producción de sedimentos.
- El volumen de agua producido en la cuenca Shocol es alto en invierno.
- La deforestación y erosión hídrica de suelos, vienen causando serios impactos ambientales en la Cuenca Shocol.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Cuenca Hidrográfica

Es el área natural, delimitada por una divisoria topográfica (*divortium aquarum*), con pendientes por las cuales drena el agua desde las cúspides más altas hacia un colector común, denominado río principal. El agua producida en la cuenca está vinculado a todas las formas de vida, que se mueve sobre la superficie terrestre en respuesta a las fuerzas de gravedad y confluyen en las partes más bajas del relieve; en la cuenca hidrográfica coexisten condiciones particulares de: clima, relieve, suelo y vegetación que regulan los procesos hidrológicos y su distribución espacial y temporal. El agua forma parte de los procesos: físico, químico y biológico como: la erosión de suelos, transporte de sedimentos y la distribución espacial de comunidades vegetales y asentamientos humanos. Burgos et al. (2015)

2.1.2 Clasificación de las cuencas

La clasificación de cuencas propuesta por (Campos, 1998), se precisa en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación de las cuencas hidrográficas según su tamaño

TAMAÑO DE LA CUENCA (km ²)	DESCRIPCIÓN
< 25	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia - pequeña
500 a 2,500	Intermedia - grande
2500 a 5000	Grande
>5000	Muy grande

Nota. Campos, 1998

2.1.3 Subcuenca

Es el espacio territorial donde el agua drena hacia el río principal de la cuenca. En una cuenca pueden existir varias Subcuencas. Burgos et al., (2015).

2.1.4 Microcuenca

Área de escurrimiento superficial que desemboca al río de una subcuenca. Burgos et al., (2015).

2.1.5 Divisoria de aguas

La divisoria de aguas o divortium aquarum es una línea imaginaria que delimita la cuenca hidrográfica. Una divisoria de aguas marca el límite entre cuenca hidrográficas y las cuencas vecinas. El agua precipitada a cada lado de la divisoria desemboca generalmente en ríos distintos. También se denomina “parteaguas”.

2.1.6 Afluentes

Corresponde a un curso de agua, también llamado tributario, que desemboca en otro río más importante con el cual se une en un lugar llamado confluencia.

2.1.7 Caudal

Volumen de agua que pasa por una determinada sección transversal en la unidad de tiempo, generalmente se expresan en m³/s.

2.1.8 Pendiente de la cuenca

La pendiente es un parámetro esencial en el estudio de la cuenca, influye en comportamiento de la escorrentía. A mayor pendiente de la cuenca hay mayor rapidez de movilización de la escorrentía y la infiltración del agua es menor (Lux, 2016).

2.1.9 Bosque natural

Es la superficie terrestre cubierta por árboles, funcionalmente capturan y almacenan grandes cantidades de energía solar en su biomasa y reciclan los nutrientes para satisfacer gran parte de sus necesidades nutricionales; en el bosque existen complejas comunidades de

organismos que descomponen y viven de la energía atrapada en las hojas, corteza, madera y raíces de los árboles. Los bosques son refugios de fauna silvestre a la que ofrecen alimentación y una compleja arquitectura aérea y subterránea. (Richter, 1995).

2.1.10 Biomasa del bosque

Es la cantidad de materia orgánica viva producida por las plantas y almacenada en sus estructuras, se representa como; materia orgánica muerta (t/ha-1). El bosque es un ecosistema productor de biomasa en forma continua, aproximadamente el 5% de la biomasa como materia orgánica en descomposición se encuentra en la superficie del suelo, para ser asimilada constantemente por la vegetación. Este ciclo continuo; provee los nutrientes necesarios para el desarrollo de la composición florística del bosque. La deforestación complementada con la quema interrumpe este ciclo y los suelos son incapaces de renovar su fertilidad (Rimarachín, 2019).

2.1.11 Importancia de la cobertura vegetal

Los componentes vegetales del bosque, complementado con las hojarascas almacenadas en la superficie del suelo, actúan como capas protectoras del suelo, donde la masa vegetal absorbe la energía de las gotas de lluvia. Los bosques estabilizan el clima, mantienen la temperatura entre 0°C y 40°C, permitiendo que el agua permanezca líquida y las proteínas que forman parte de los organismos vivos no se congelen. Los bosques ayudan a mantener el ciclo hidrológico en la superficie terrestre, condensando el agua de las neblinas y liberando como gotas de lluvia. Así, en la selva amazónica los bosques pueden conservar del 50% al 80% de la humedad en los ecosistemas (Santamaria, 2021).

2.1.12 Bosque nublado

Los bosques nublados son ecosistemas que se caracterizan por las dinámicas asociadas a la formación e interceptación de la precipitación horizontal. Asimismo, estos

bosques aportan al ingreso neto de agua al ecosistema al reducir la evapotranspiración pues la permanente presencia de niebla reduce la incidencia de los rayos solares (Bruijnzeel 2004).

Otro factor clave es que albergan una masa de epífitas que captura, almacena y libera agua lentamente, dependiendo de la dinámica de la precipitación y del microclima del dosel (Gotsch et al. 2016).

2.1.13 Deforestación

Es la eliminación de la cobertura forestal, para convertirlos en suelos para la agricultura y la ganadería. La deforestación ocurre con mayor frecuencia en países en vías de desarrollo, donde el nivel de bienestar de los pobladores es un factor determinante en el tamaño de las superficies deforestadas (Urquiza, 2016).

Figuras 2

Deforestación en suelos de aptitud forestal y protección en el Cuenca Media



Nota. Elaboración propia

2.1.14 Tasa de deforestación

La tasa de deforestación es una unidad de medida establecida para indicar cuanta cobertura de suelo se ha perdido en un periodo de tiempo determinado. La tasa de reforestación se expresa en kilómetros cuadrados perdidos por año. La tasa anual de variación se calcula comparando el área bajo cubierta forestal en la misma región en dos momentos diferentes por medio de las imágenes de satélite (Puyaravaut, 2003)

2.1.15 Tasa media anual de deforestación (TMAD)

Es la variación de la superficie cubierta por bosque natural ocurrida entre los años de inicio y final de un periodo de análisis; se expresa en hectáreas perdidas por año y se realiza por medio de imágenes satelitales. Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC, 2019).

2.1.16 Monitoreo del cambio de la superficie cubierta por bosque natural

El monitoreo periódico del cambio de la cubierta de los bosques permite medir la diferencia entre la superficie de bosques regenerados (ganancia) y la superficie de bosques deforestados (pérdida), que se produce en un periodo de tiempo analizado, Instituto de Información Ambiental de Colombia (SIAC, 2019).

2.1.17 Causas de la deforestación

La deforestación se produce por un conjunto de causas directas como: factores demográficos, económicos, tecnológicos y culturales; asimismo por factores indirectos como: expansión de frontera agrícola, incendios forestales, sobrepastoreo, deficiente aplicación de la legislación (Revista Quipo Forestal, 2020)

2.1.18 Incendios forestales

Plana Bach, E. et al (2016), un incendio forestal se define como la propagación descontrolada del fuego sobre la vegetación a su paso (árboles, arbustos, pastos y/o cultivos) pueden ser provocados por la quema de la vegetación del territorio a partir de incendios de causas naturales o provocadas por el hombre.

2.1.19 Pérdida de hábitat, biodiversidad y suelo

La deforestación lleva a la destrucción de ecosistemas, pérdida de biodiversidad y tierras y disminución de la fijación de dióxido de carbono (CO₂), que es un gas de efecto invernadero que contribuye al cambio climático. Las áreas deforestadas tienden a erosionar el suelo y eventualmente se convierten en tierras improductivas. Esto significa que ninguna planta crece y no se usa como alimento y refugio para los animales o para cultivar alimentos.

Los cambios en la distribución y abundancia de animales afectan procesos ecológicos básicos como la polinización, la dispersión de semillas, la descomposición de la materia orgánica y la ruptura del ciclo de nutrientes.

A medida que desaparezcan los bosques y las selvas, los ciclos del agua y las temperaturas cambiarán en la región y en todo el mundo, como resultado se acelera el calentamiento global y el cambio climático.

2.1.20 Erosión hídrica

Es el proceso de desprendimiento del suelo por acción del agua y el viento; está relacionado con el uso intensivo del suelo y su manejo inadecuado. La erosión reduce la capacidad de retención del agua por el suelo (FAO, 2020).

2.1.21 Tipos de erosión hídrica

Los tipos de erosión de acuerdo con la FAO (2020) son:

a) Erosión laminar. Consiste en el desprendimiento y transporte de capas delgadas de suelo por efecto de la escorrentía superficial. La erosión laminar empobrece los elementos nutritivos y disminuye la capacidad de almacenamiento del agua.

b) Erosión en surcos. Es el proceso de pérdida de suelos por escorrentía concentrada, que alcanza mayor volumen y velocidad formando en el suelo pequeños surcos.

c) **Erosión en cárcavas.** Consiste en la pérdida de grandes masas de suelo, originado por flujos provenientes de aguas arriba de la parcela, formando cárcavas de gran profundidad, se presenta habitualmente en suelos francos o franco-limosos.

d) **Remoción en masa.** Es la movilización lenta o rápida de una masa de suelo, causado por la intensidad de la lluvia. la infiltración del agua y la acción de la gravedad en suelos. Las formas frecuentes de manifestación de este fenómeno son: deslizamientos, derrumbes, hundimientos y desprendimientos.

2.1.22 Factores que intervienen en el proceso de erosión hídrica

Existen cinco factores que interviene en los procesos erosivos, los cuales se mencionan a continuación:

a) **Precipitación.** El principal factor climático que influye en la erosión hídrica es la precipitación y su energía cinética.

Dentro de la caracterización de las lluvias es necesario conocer: cantidad y distribución, ya que la precipitación media y su distribución indican los períodos críticos en cuanto a la ocurrencia de tormentas erosivas; e intensidad, la cual define la energía cinética que desencadena los procesos de desprendimiento y escurrimiento (Cisneros et al., 2012).

En el proceso de erosión hídrica el arranque de material suele producirse por el impacto y salpicadura de las gotas de lluvia; además el transporte de partículas está dado por el flujo laminar que se crea en superficie (Dumas Salazar, 2012).

b) **Topografía.** La inclinación y la longitud de la pendiente del terreno juegan un papel fundamental en el proceso de erosión hídrica; así a mayor inclinación y longitud de pendiente suele existir una mayor erosión (Dumas Salazar, 2012).

c) **Suelo.** La erosionabilidad o erodabilidad del suelo es una medida de la susceptibilidad al desprendimiento y transporte por los agentes de la erosión (Cisneros et al.,

2012). La misma está determinada por la naturaleza de los materiales que forman el suelo, su textura, estructura y permeabilidad.

d) Vegetación. La vegetación presente en el suelo actúa disminuyendo la erosión ya que protege y sujeta el suelo, y además atenúa la escorrentía favoreciendo la sedimentación de las partículas transportadas (Dumas Salazar, 2012).

e) Sistema de producción o uso del suelo. Es un factor primordial condicionante de la erosión ya que modifica las condiciones naturales del suelo. La erosión dependerá en gran medida del manejo y del tipo de cultivo implantado (Dumas Salazar, 2012).

2.1.23 Precipitación pluvial

Es la precipitación registrada por encima de la cobertura vegetal. También llamada precipitación bruta o incidente (Bruinzeel et al. 2005).

2.1.24 Precipitación horizontal

Es el ingreso adicional de agua conformado por la lluvia o la niebla que es transportada por el viento y es capturada por la vegetación (Tobón 2009).

2.1.25 Relieve.

El relieve es el conjunto de formas que se presentan en la superficie de la tierra (geoformas). Su estudio implica establecer las relaciones que se dan entre los materiales asociados a dichas formas, el efecto que tienen sobre ellas y los procesos que les han dado origen y que las han remodelado a través del tiempo (Jaramillo J., 2002).

2.1.26 Escorrentía

Es el agua que fluye por la superficie del suelo hacia los ríos, lagos y océanos, por haber excedido la capacidad de infiltración del suelo (Guerra, 2019).

Es la fracción de la precipitación total que no se infiltra en el suelo y fluye a través de su superficie, es el flujo superficial de exceso de lluvia por saturación (Gilmour 2014).

2.1.27 Infiltración

Es el paso del agua de lluvia hacia el interior del suelo (Gilmour 2014), permitiendo la recarga del agua del suelo y de los acuíferos (OMM y UNESCO 2012).

2.1.28 Percolación

Es el ingreso del agua hasta el nivel freático bajo la zona de raíces (Tobón 2009), pudiendo recargar los acuíferos subterráneos (Gilmour 2014).

2.1.29 Retención hídrica

Es la capacidad del suelo de mantener el agua, determinando cuánto es descargado en corrientes adyacentes y en el agua subterránea (Geroy et al. 2011).

2.1.30 Tasa de erosión

El conocimiento de la tasa de erosión de un sitio es importante para decidir su manejo y las medidas de conservación más adecuadas, Rodríguez y Gaspari (2015). En la Tabla 2, se presenta los niveles de erosión para la evaluación de la degradación de suelos descrita por FAO, PNUMA Y UNESCO.

Tabla 2

Niveles de erosión para evaluación de degradación de suelos

NIVEL DE EROSIÓN	RANGO (t/ha/año)
Leve	< 10
Moderada	10 - 50
Fuerte	50 - 200
Muy fuerte	>200

Nota. FAO-PNUMA y UNESCO 1980

2.1.31 Degradación del suelo

La degradación del suelo es un proceso degenerativo que reduce su capacidad productiva; generalmente se inicia con descensos en los niveles de materia orgánica y

actividades biológicas y con efectos desfavorables para infiltrar el agua al subsuelo. Acevedo-Sánchez et al., (2021).

2.1.32 Intercepción y redistribución de las precipitaciones.

Del total de la precipitación incidente, parte es interceptada por las hojas y ramas de las plantas y evaporada desde allí, y parte de ella se redistribuye a través de las estructuras de las plantas hasta llegar de nuevo al suelo. Cuanto mayor volumen y complejidad estructural tenga una planta o una comunidad vegetal más importante será su capacidad de interceptación y menores las tasas de erosión.

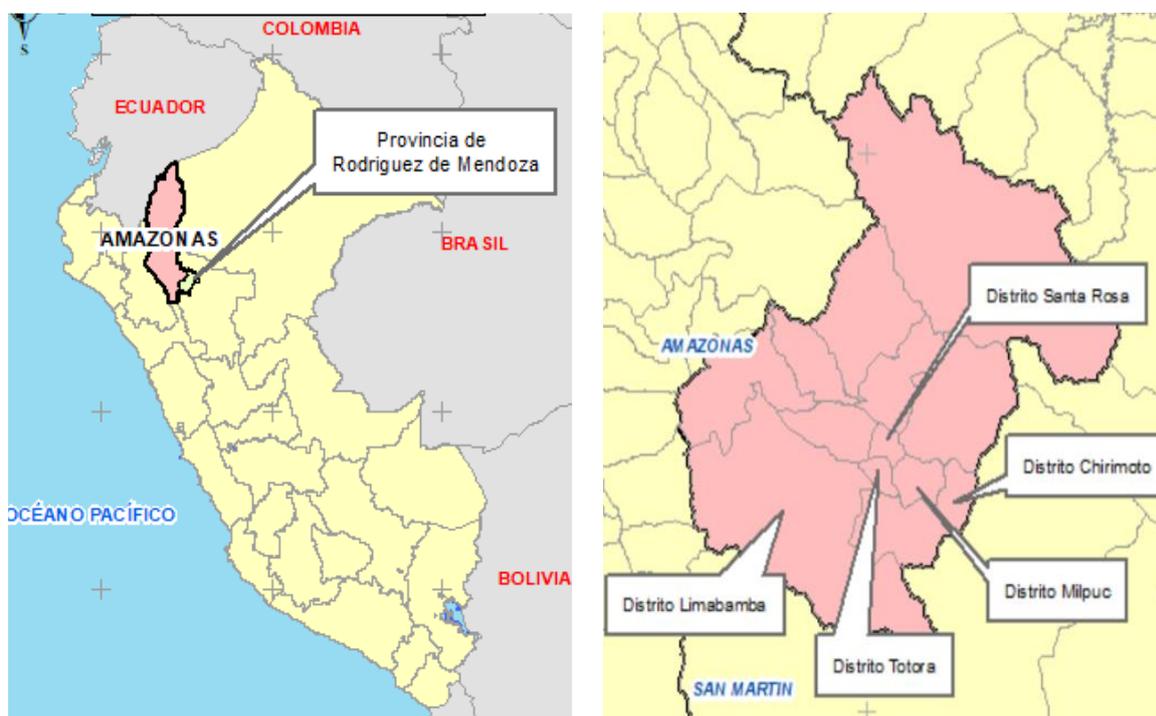
Las gotas de lluvia que no son interceptadas por la vegetación se convierten en un factor de destrucción de los agregados al alcanzar el suelo. Al impactar las gotas de lluvia sobre los agregados del suelo, éstos se fragmentan en otros de menor tamaño o en partículas minerales que son más fácilmente arrastradas y que tapan los poros del suelo, sellándolo y favoreciendo, por tanto, la escorrentía superficial. Por otra parte, las gotas de lluvia al impactar sobre el suelo salpican literalmente dichos agregados y partículas en lo que se conoce como efecto salpicadura, favoreciendo que éstos sean después arrastrados por el agua de escorrentía.

3 MÉTODO

La identificación de los impactos de la deforestación de los bosques naturales y la pérdida de suelos por erosión hídrica, se realizó en el ámbito territorial de la cuenca Shocol, constituido por los distritos de: Limabamba, Totorá, Chirimoto, Milpuc y Santa Rosa, pertenecientes a la Provincia de Rodríguez de Mendoza y Departamento de Amazonas en el año 2021, ver ubicación en la Figura 3.

Figura 3

Mapa de ubicación - Departamento Amazonas, Provincia de Rodríguez de Mendoza y los distritos de Limabamba, Totorá, Milpuc, Chirimoto y Santa Rosa



Nota. Censo Población y Vivienda - 2017

Ubicación Geográfica:

Coordenada Norte: 9278502.00 m S

Coordenada Este: 217270.00 m E

Altitud: 1377 - 3817 m.s.n.m.

3.1 Tipo de investigación

La investigación desarrollada es de tipo no experimental, cuantitativa y longitudinal, donde se observa la situación actual de las variables de estudio en su ambiente natural y se analiza la tendencia de los cambios de la superficie deforestada en el intervalo de tiempo. (Hernández et al., 2017 p. 6)

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

- 65,160.76 ha de bosques naturales en la cuenca Shocol y
- Volumen de sedimentos en m³ producidos por erosión hídrica en la cuenca.

3.2.2 Muestra

- 24,593 ha de bosques deforestados.
- 15 a 30 t/ha/año de sedimentos producidos en suelos de aptitud forestal y de protección deforestados.

3.3 Operacionalización de variables

La operacionalización de las variables del estudio, se presentan en la tabla 3

Tabla 3*Operacionalización de variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
INDEPENDIENTE Deforestación	La deforestación, es la pérdida del bosque nativo y constituye el problema ambiental más importante que la humanidad debe resolver (FAO, 2020).	La deforestación consiste en la tala de árboles de los bosques naturales, disminuyendo significativamente sus beneficios ambientales. Para la cuantificación de la deforestación de los bosques naturales se utilizaron imágenes de Google Earth Pro de los años 1985, 2000 y 2020	Bosques naturales deforestados	ha
			Tasa de deforestación	Ha/año
DEPENDIENTE Erosión hídrica superficial	Es un proceso de disgregación y transporte de partículas de suelo por acción del agua de escorrentía, como consecuencia del uso intensivo de las tierras y su manejo inadecuado (FAO, 2020).	La erosión hídrica superficial es el proceso de pérdida de suelos por acción de la escorrentía. Para cuantificar la erosión hídrica, se midieron los siguientes parámetros: volumen de sedimentos producidos en la cuenca, el caudal de los principales ríos, las prácticas de conservación de suelo aplicados y los impactos ambientales generados.	Volumen de sedimentos producidos en la cuenca.	m ³ /ha/año
			Volumen total de agua producido en la cuenca.	m ³ /s
			Impactos ambientales de la deforestación y erosión hídrica de suelos.	Varios

Nota. Elaboración propia

Los detalles de las dimensiones de las variables son:

- **Bosques naturales deforestados.** Es la superficie de bosques naturales talados, para destinarlos a las actividades agrícolas y ganaderas.
- **Tasa de deforestación.** Viene a ser la eliminación de la cubierta del bosque, para destinarlos a las actividades agrícolas y ganaderas.
- **Volumen de sedimentos producidos.** Es la cantidad de sedimentos producidos por erosión hídrica superficial en un año y se expresa en m³/ha/año
- **Volumen de agua producido.** Es el volumen de agua producido en la cuenca expresado en Hm³, se determinó mediante el aforo de las 10 principales subcuencas existentes.
- **Impactos de la deforestación y la erosión hídrica de suelos.** Son los diferentes impactos ambientales que se vienen produciendo al interior de la cuenca.

3.4 Instrumentos

Los instrumentos utilizados en la investigación se reportan en la tabla 4.

Tabla 4

Indicadores e instrumentos

INDICADOR	INSTRUMENTOS
Delimitación de la cuenca Shocol	Mapa Google Earth Pro, 2020
Cuantificación de la superficie de bosques naturales deforestados	Mapa Google Earth Pro, 1985, 2000, 2020 y la carta nacional de la cuenca Shocol.
Aforo del volumen de agua	GPS GARMIN, Winchas de 5 y 50 m, flotador, cronómetro y cámara fotográfica.

Volumen de sedimentos producidos en la cuenca Shocol	Modelo USLE y el Programa Arc Gis 10.5
Medidas de conservación de suelos aplicadas.	Por observación directa en el campo

3.5 Procedimientos

3.5.1 Delimitación de la cuenca Shocol.

La demarcación del ámbito territorial de la cuenca Shocol, integrada por los distritos de: Limabamba, Santa Rosa, Totorá, Milpuc y Chirimoto, se realizó empleando mapa topográfico a escala 1/10,000, mapa Google Earth Pro del 2020 y el Programa ArcGIS 10.5

3.5.2 Cuantificación de la superficie de bosques naturales deforestados

La cuantificación de la superficie de bosques naturales deforestados en la cuenca Shocol, se realizó empleando el mapa Google Earth Pro de los años 1975, 2001 y 2020, considerando:

Periodo 1900 - 1974: Cuando los primeros colonizadores se concentran en la cuenca baja, período en la cual, no se disponen de imágenes satelitales accesibles.

Periodo 1975-2000: Cuando la deforestación se realiza en la cuenca media y se cuenta con las primeras imágenes satelitales.

Periodo 2001-2020: Cuando la deforestación se produce en la cuenca alta y se dispone de imágenes satelitales detalladas.

3.5.3 Tasa media anual de deforestación (TMAD).

Es la variación de la superficie del bosque natural, ocurrida entre el año inicial y el año final, realizado en un periodo de 120 años; los resultados se expresan en hectáreas perdidas por año.

Para hallar la TMAD, se empleó la Ecuación 1 propuesta por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM, 2002).

$$TMAD = \frac{A_1 - A_2}{n} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

TMAD: Tasa promedio anual de deforestación (ha/año).

A_1 : Área inicial del bosque (ha)

A_2 : Área final del bosque (ha)

t_1 : Año de inicio

t_2 : Año final

n : Diferencia entre t_2 y t_1 (años).

3.5.4 Tasa de deforestación en porcentaje.

Se determinó empleando la Ecuación 2 mencionado por (Sader, 1988).

$$Td(\%) = \frac{A_1 - A_2}{(A_1 * n)100} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

Td (%): Tasa de deforestación en (%/año)

A_1 : Área de bosque inicial (ha)

A_2 : Área de bosque final (ha)

n : Diferencia de años entre t_2 y t_1

3.5.5 Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica superficial

La determinación de la tasa por erosión hídrica del suelo se realizó aplicando el Modelo Matemático de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo USLE (Universal Soil Loss Equation) de Wischmeier y Smith (1978) y el uso de la tecnología de Sistemas de Información Geográfica (SIG), para generar mapas base en formato Ráster.

$$A = R * K * LS * C * P$$

Ecuación 3

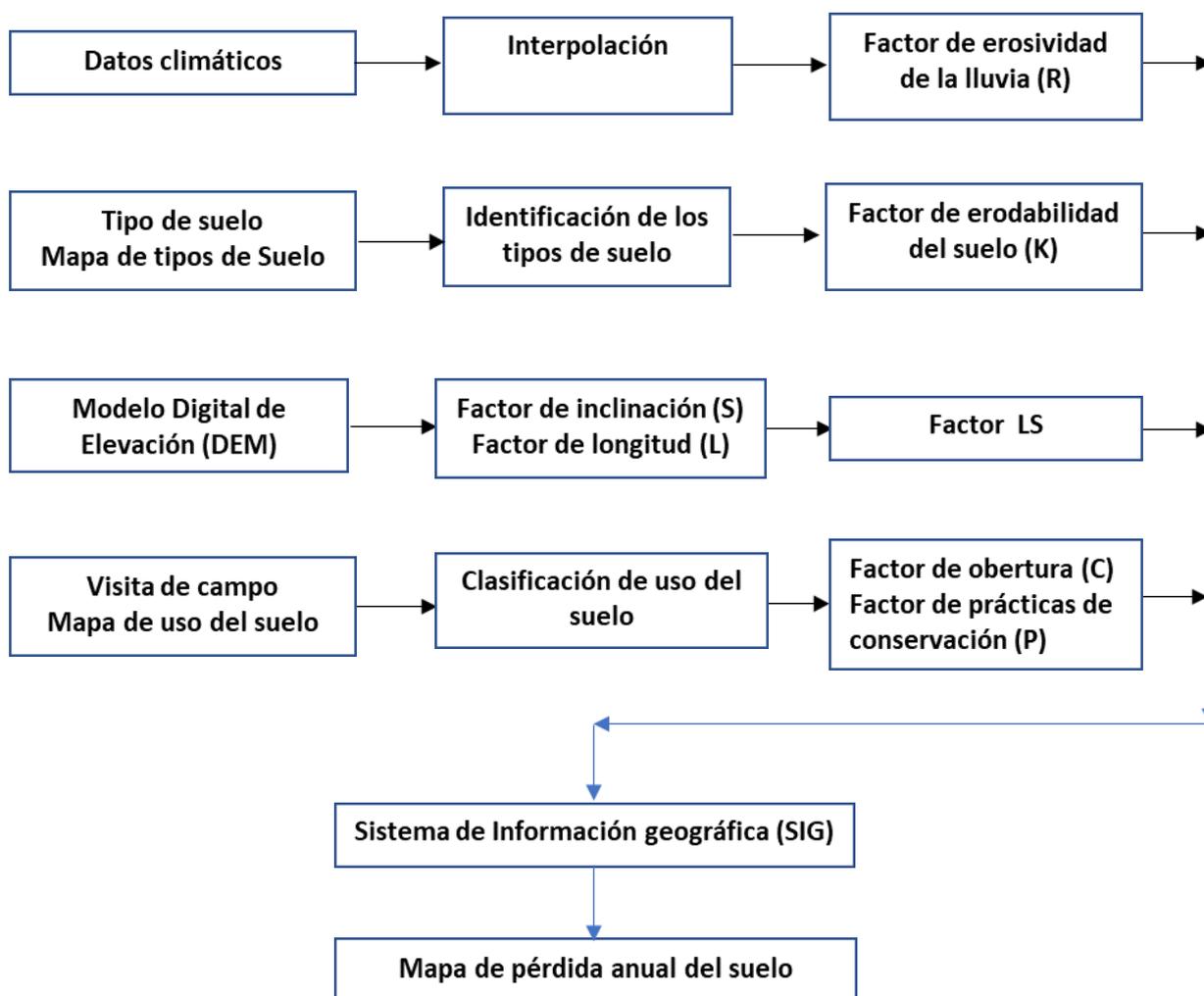
Donde:

- A** : Pérdida media anual de suelo, expresado en (t/ha/año).
- R** : Índice de erosividad pluvial, medido en (Mj.mm/ha/año)
- K** : Erodabilidad del suelo, expresado en (t/ha/h)
- LS** : Longitud y pendiente, expresado en (m y %)
- C** : Cubierta vegetal y manejo del recurso (adimensional).
- P** : Prácticas de conservación de suelos aplicada (adimensional).

En la Figura 4 se presenta el flujograma de la metodología de cálculo.

Figura 4

Flujograma de la metodología de cálculo de la erosión hídrica superficial



Nota. Tomado de (Belasri, 2016).

3.5.5.1 Factor (R) Índice de erosividad de la lluvia.

Representa el potencial que tienen las lluvias para remover el suelo, el mismo que se determinó mediante el análisis de la precipitación media mensual en un ciclo de 10 años, reportado por las Estaciones Meteorológicas ubicadas en el entorno de la cuenca Shocol. Para el cálculo del factor “R”, se utilizó la Ecuación 4 desarrollada por Wischmeier & Smith (1978).

$$R = \sum_{i=1}^{12} 1.735x10^{(1.5\log_{10}(P_i^2/p)-0.08188)} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde: **R** : Factor erosividad de la lluvia expresada en MJ mm ha-1 h-1 año-1

Pi : Precipitación mensual en mm

p : Precipitación anual en mm

3.5.5.2 Factor (K) Erodabilidad.

Es la susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica, está determinada por sus propiedades internas como: textura, estructura y permeabilidad. El factor K se califica en la escala de 0 a 1, donde 0 indica menor susceptibilidad del suelo a la erosión y 1 alta susceptibilidad del suelo a la erosión. Los suelos de textura intermedia compuesto por limo y arena son los más erosionables (González del Tánago, 1991).

Los parámetros necesarios para la caracterización de la textura del suelo se obtuvieron del mapa mundial de suelos elaborado por la FAO.

3.5.5.3 Factor (C) Efecto de la cobertura vegetal.

Expresa la relación entre la vegetación existente y la pérdida de suelo de un área. Los valores de C son menores, cuando el suelo está cubierto de bosques y son mayores cuando hay uso intensivo del suelo.

El factor C, se determinó con el uso del mapa Google Earth Pro, complementado con los valores tabulados por, Wischmeier y Smith, (1978), para cultivos agrícolas, gramíneas, vegetación forestal y otros. Ver Tabla 5.

Tabla 5

Factor C, valores de la cobertura vegetal (Wischmeier y Smith, 1978)

Cultivo y Práctica	Media anual del Factor C
Suelo desnudo	1
Bosque o matorral denso	0,001
Pradera herbácea en buenas condiciones	0,01
Pradera sobre pastoreada	0,1
Maíz, sorgo alto rendimiento	0,20 – 0,55
Algodón	0,40 – 0,70
Pradera herbácea	0,01 – 0,025
Soya	0,20 – 0,50
Arroz	0,10 – 0,20
Cacahuete	0.30 - 0.80
Frutales con cobertura vegetal	0,25 – 0,80
Caña de azúcar	0,56
Arbolado denso	0,001 – 0,003
Arbolado forestal clareado	0,003 – 0,009
Matorral con buena cobertura	0.003 – 0,013
Matorral ralo y eriales	0,20 – 0,013
Cultivos anuales y herbáceas	0,25
Pasturas	0,15
Plantas herbáceas y matorjos (100%)	0,003
Cubierta inapreciable	0,45

Nota. Mencionado por Cayo 2011

3.5.5.4 Factor (LS) Topográfico.

Es el factor de erosionabilidad del terreno respecto la pendiente existente, donde: L, factor de longitud del declive y S, factor de pendiente estándar de 9%

La longitud del declive y su pendiente, influyen en la tasa de erosión del suelo, siendo el relieve uno de los factores determinantes en la producción de sedimentos en las cuencas hidrográficas.

El factor de longitud (L) y el factor pendiente (S), multiplicados, generan el factor LS. En el estudio se empleó el método de Mintegui (1983), donde los valores están en función de la pendiente del terreno, lo que se detalla en la Tabla 6.

Tabla 6*Factor LS por el Método de Mintegui*

Gradiente de pendiente (%)	Factor LS
0 – 3	0,3
3 – 12	1,5
12 – 18	3,4
18 – 24	5,6
24 – 30	8,7
30 – 60	14,6
60 – 70	20,2
70 – 100	25,2
Más de 100	28,5

Nota. Método Mintegui (1983)

3.5.5.5 Factor (P) Aplicación de prácticas de conservación de suelos.

Considera la aplicación de prácticas mecánicas de conservación de suelos aplicados por los usuarios de las parcelas como: cultivos en contornos, terrazas de formación lenta, estabilización de cárcavas, sistemas agroforestales, sistemas silvopastoriles y otros para estabilizar los suelos en las parcelas en aprovechamiento. Cuando las prácticas de conservación suelos no se aplican el valor de P es igual a 1.

3.5.6 Variables meteorológicas imperantes en la cuenca Shocol.

Las variables meteorológicas consideradas en la cuenca son: precipitación, temperatura, evaporación y velocidad del viento, los que se obtuvo de los registros estadísticos de las Estaciones Meteorológicas de: Chachapoyas, Soritor y Rodríguez de Mendoza, que se hallan en el entorno de la cuenca.

3.5.6.1 Precipitación.

Es el principal factor climático que influye en la erosión hídrica del suelo. Para el análisis de esta variable se empleó las estadísticas de precipitación total mensual de las Estaciones Meteorológicas de Chachapoyas, Leimebamba y Rodríguez de Mendoza para el periodo de análisis 1980-2020, a los que se realizó el análisis de consistencia, obteniendo series completas, homogéneas y consistentes.

3.5.6.2 Temperatura.

Es una variable determinante en el proceso del ciclo hidrológico, debido a su relación con la evapotranspiración y el periodo vegetativo de las plantas. La temperatura considera los valores medios mensuales registrados en las estaciones de Soritor y Chachapoyas.

3.5.6.3 Velocidad del viento.

Es el movimiento de aire en la superficie de la cuenca e influye directamente en la evaporación del agua. En la cuenca de estudio se ha tomado los datos de velocidades de vientos de las estaciones Chachapoyas y Soritor.

3.5.6.4 Evaporación.

Es el proceso físico mediante el cual, el agua de los ríos, lagos, suelos y vegetación se convierte a su forma gaseosa. Los datos de evaporación han sido tomados de la estación de Chachapoyas.

3.5.7 Determinación del volumen de agua producido en la cuenca Shocol

La red hidrográfica de la cuenca Shocol, está conformada por las corrientes fluviales permanentes y eventuales ubicadas en la cuenca alta, media y baja.

El volumen de agua producido en la cuenca se determinó mediante el aforo de las 10 principales subcuencas, empleando el método del flotador; con los resultados se realizó el cálculo de los caudales empleando la siguiente fórmula:

$$Q = A * \left(\frac{L}{T}\right) * FC \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

Q : Caudal en m³/s

A : Área en m²

L : Longitud entre el Punto A y B en metros.

T : Tiempo promedio en segundos

FC : Factor de corrección (0.5 para riachuelos con profundidad de agua mayor a 15 cm)

3.5.8 Impactos de la deforestación y la erosión hídrica de suelos

Considerando la difícil situación ambiental por la que atravesaba la población de la Cuenca Shocol por los impactos de la deforestación traducida en; erosión hídrica de suelos, traslado de sedimentos y palizadas, colmatación y modificación de cursos de agua, taponamiento de sumideros naturales e inundación de propiedades y vías de transporte, con el apoyo de las autoridades de la Mancomunidad Shocol, se identificó los impactos referidos en toda la extensión de la cuenca, habiéndose verificado los impactos en cada lugar de ocurrencia mediante vistas fotográficas y fotos de Earth Google.

3.6 Análisis de datos

El cálculo de las áreas deforestadas en la cuenca Shocol, se realizó mediante el uso del mapa Google Earth Pro de los años: 1985, 2000 y 2020 y el programa ArcGIS 10.5

En la estimación de la tasa de erosión hídrica, se aplicó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE) de Wischmeier y Smith (1978) y el análisis espacial con el uso del Sistemas de Información Geográfica (SIG), que, con el uso de los datos de los factores

climáticos y topográficos, permitió obtener la tasa de erosión producida en la cuenca, así como identificar las zonas con mayor aporte de sedimentos.

El cálculo del volumen de agua producido por la cuenca se realizó mediante el aforo por flotación de las 10 principales subcuencas del Río Shocol, donde la sumatoria de los caudales obtenidos, constituye el volumen de agua producido en la cuenca.

3.7 Consideraciones éticas

La actuación del hombre sobre la naturaleza da origen a los principales problemas ambientales, donde se ha quebrantado el equilibrio natural existente, con poca valoración de la naturaleza y la vida en todas sus formas; es así como el hombre: modifica el ciclo hidrológico, contamina el aire, deteriora y contamina el suelo hasta su infertilidad e implementa inadecuados planes de manejo. Este panorama se denomina crisis ambiental, crisis de la civilidad y crisis de espiritualidad, donde el aprovechamiento sostenible de los ecosistemas, son fundamentales para la continuidad de la vida en el planeta (Pinilla, 2017).

La conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales son vitales para el desarrollo de la humanidad; desde el aire que respiramos, el agua que bebemos y los alimentos que consumimos, nos proporciona la naturaleza, incluidos los beneficios de bienestar emocional, salud, económicos, culturales y espirituales (WWF, 2019).

4 RESULTADOS

4.1 Contrastación de hipótesis

El análisis de las variables: deforestación de bosques naturales y erosión hídrica superficial de los suelos, han sido analizados de forma cuantitativa, descriptiva y analítica, porque constituyen el marco de referencia para la validación de las hipótesis planteadas en la investigación.

En el estudio se ha logrado identificar y cuantificar, los principales impactos de la deforestación de los bosques naturales y la erosión hídrica producida en los suelos de la cuenca Shocol, constituido por los distritos de: Limabamba, Totorá, Milpuc, Chirimoto y Santa Rosa.

4.1.1 Hipótesis general

La deforestación de bosques naturales de la cuenca Shocol, tiene un alto impacto en la erosión hídrica de suelos.

4.1.2 Hipótesis específicas

- La superficie de bosques naturales deforestados en la Cuenca Shocol es alta.
- El volumen de sedimentos producidos en la cuenca Shocol es alta
- El volumen de agua producido en la cuenca Shocol es alta en invierno.
- En la cuenca Shocol, existen zonas críticas de producción de sedimentos.
- En la cuenca Shocol, existen impactos de la deforestación y la erosión hídrica de suelos.

Los resultados del estudio han permitido identificar y cuantificar los impactos de la deforestación de bosques naturales, la erosión hídrica superficial de los suelos y otros que nos ha permitido confirmar y/o negar las hipótesis planteadas (H_1 e H_2).

4.2 Análisis e interpretación

4.2.1 Delimitación y división de la Cuenca Shocol.

La delimitación de la superficie territorial de la Cuenca Shocol, fue una condición determinante para cuantificar las variables del estudio, donde la extensión territorial de la cuenca es de 6,516 Km² (65,160.76 ha), el mismo que, por la superficie que tiene, según (Campos, 1998) corresponde a una cuenca muy grande.

4.2.1.1 Cuenca Baja.

Con una superficie de 16,841.17 ha, se halla ubicado en el ámbito territorial de los distritos de: Chirimoto, Milpuc, Totorá, Santa Rosa y Limabamba y está constituido por la mayor extensión de terrenos de vocación agrícola de la cuenca.

4.2.1.2 Cuenca Media.

Con una superficie de 20,349.96 ha, ubicado en el ámbito territorial del distrito de Limabamba, está constituido por suelos de aptitud forestal y de protección deforestados y convertidos en pastizales.

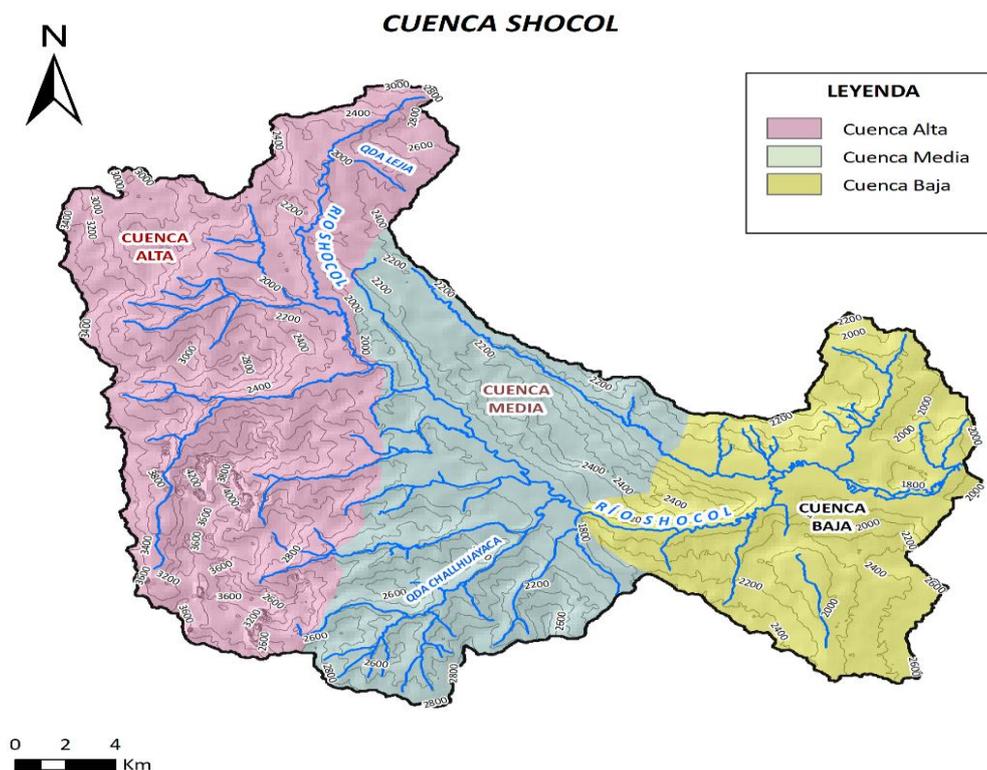
4.2.1.3 Cuenca Alta.

Con una superficie de 27,970.63 ha, ubicado en el ámbito territorial del distrito de Limabamba, está constituido por bosques de neblina con predominio de suelos de protección muy susceptibles a la erosión hídrica, donde actualmente se produce la deforestación de los bosques naturales, generando procesos erosivos de mayor intensidad con el traslado de sedimentos y palizadas hacia la cuenca baja.

En la Figura 5, se presenta el Mapa de la Cuenca Shocol y subdivisiones

Figura 5

Mapa de la cuenca Shocol y sus divisiones



Nota. Mapa de la Cuenca Shocol dividida en cuenta alta, media y baja

Tabla 7

División de áreas de la cuenca Shocol

Nombre	Área (ha)	Porcentaje (%)
Cuenca baja	16,841.17	25.84
Cuenca media	20,348.96	31.23
Cuenca alta	27,970.63	42.93
Total	65,160.76	100

Nota. Elaboración propia.

4.2.2 Cuantificación de la deforestación en la Cuenca Shocol

La cuantificación de la deforestación producida en el período 120 años de colonización es el siguiente:

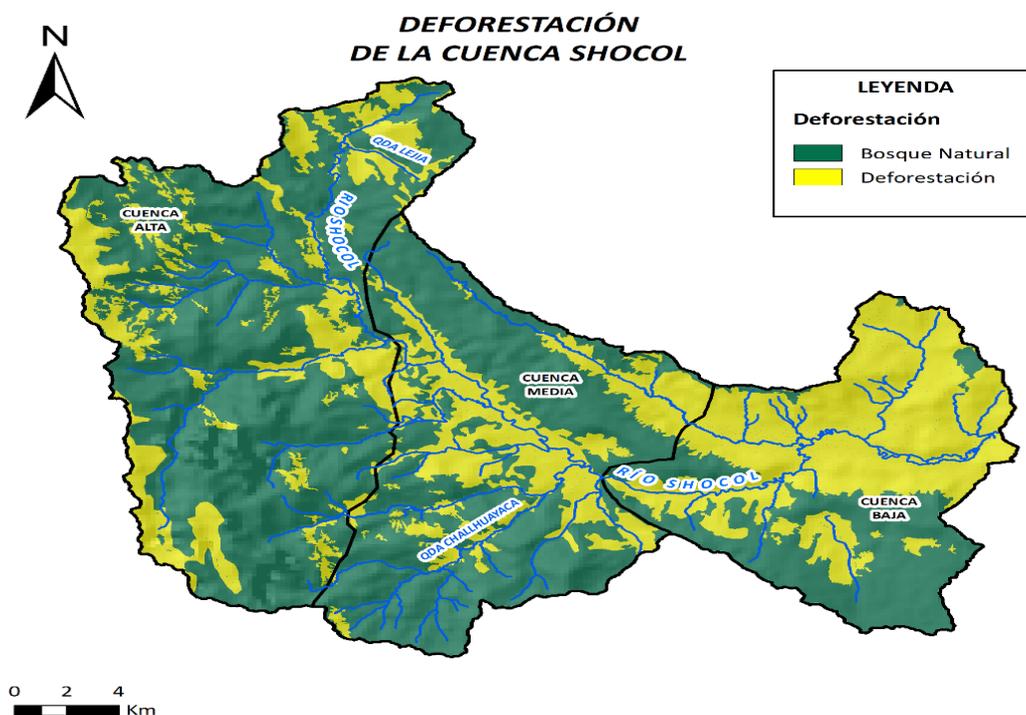
La deforestación se inicia en el año 1900, cuando los primeros colonizadores se asentaron en los actuales distritos de Santa Rosa y Milpuc, desarrollando actividades de ganadería y agricultura.

A partir del año 1985, cuando los suelos de la cuenca baja se habían deteriorado por la pérdida de su fertilidad, se inicia la deforestación en la cuenca media.

Finalmente, a partir del año 2001 en adelante, se viene realizando la deforestación de los bosques de naturales de la cuenca alta, establecidos sobre suelos de protección sin aptitud para el cultivo. En la Figura 6 se precisan los detalles de la deforestación producida.

Figura 6

Mapa de deforestación de la Cuenca Shocol entre 1900-2020



Nota. Elaboración propia

En los tres periodos de intervención, en un horizonte de 120 años, los colonos de la cuenca Shocol, han deforestado un total de 24,593 ha de bosques naturales para convertirlos en pastizales y terrenos agrícolas, los detalles de las superficies deforestadas se precisan en la

Tabla 8

Tipos de suelos deforestados en la cuenca Shocol al 2021

Tipos de suelos deforestados	Área(ha)	Porcentaje (%)	Uso actual
Suelos agrícolas	2,534	10.3	Agricultura y ganadería
Suelos de aptitud forestal	9,669	39.3	Ganadería
Suelos de protección	12,390	50.4	Ganadería
Total, suelos deforestados	24,593	100.00	

Nota. Elaboración propia con datos de la información SIG.

4.2.2.1 Tasa media anual de deforestación (TMAD).

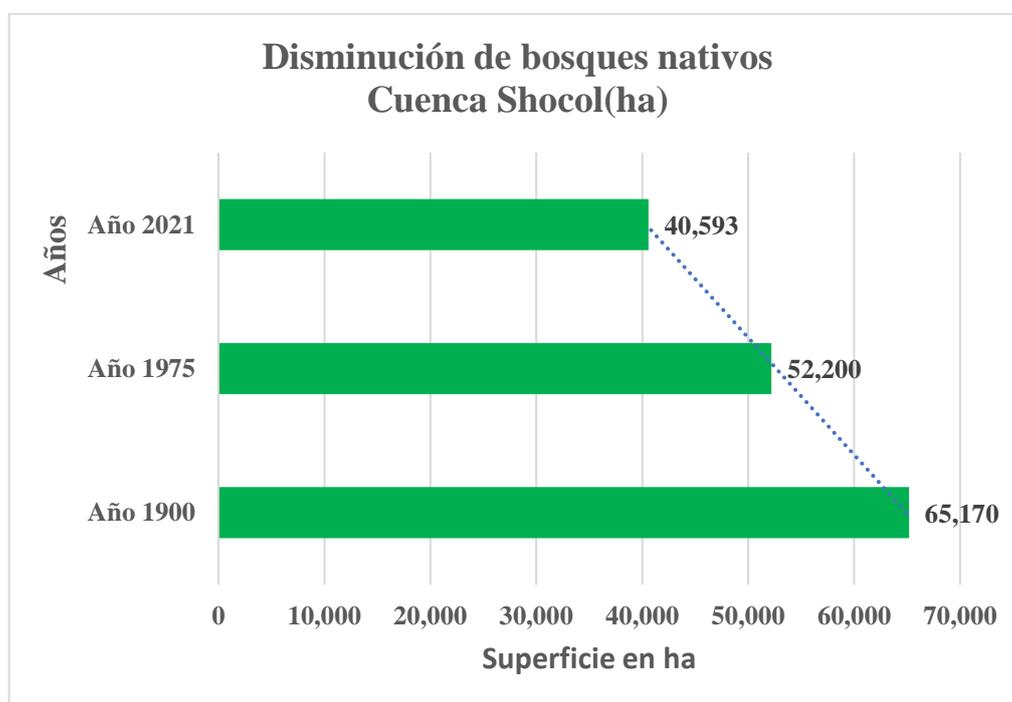
En el cálculo de la tasa media anual de deforestación se empleó la siguiente fórmula.

$$TMAD = \frac{(A_1 - A_2)}{n}$$

$$TMAD = \frac{(65,170 - 40,577)}{120}$$

$$TMAD = 204,85 \text{ ha/año}$$

El decrecimiento de bosque causado por la deforestación se presenta en la Figura 7.

Figura 7*Decrecimiento de bosques naturales*

Nota. Elaboración propia

4.2.2.2 Tasa de deforestación en porcentaje.

La deforestación producida en los bosques naturales de la cuenca Shocol en términos de porcentaje es de 0.31% anual.

4.2.3 Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica superficial

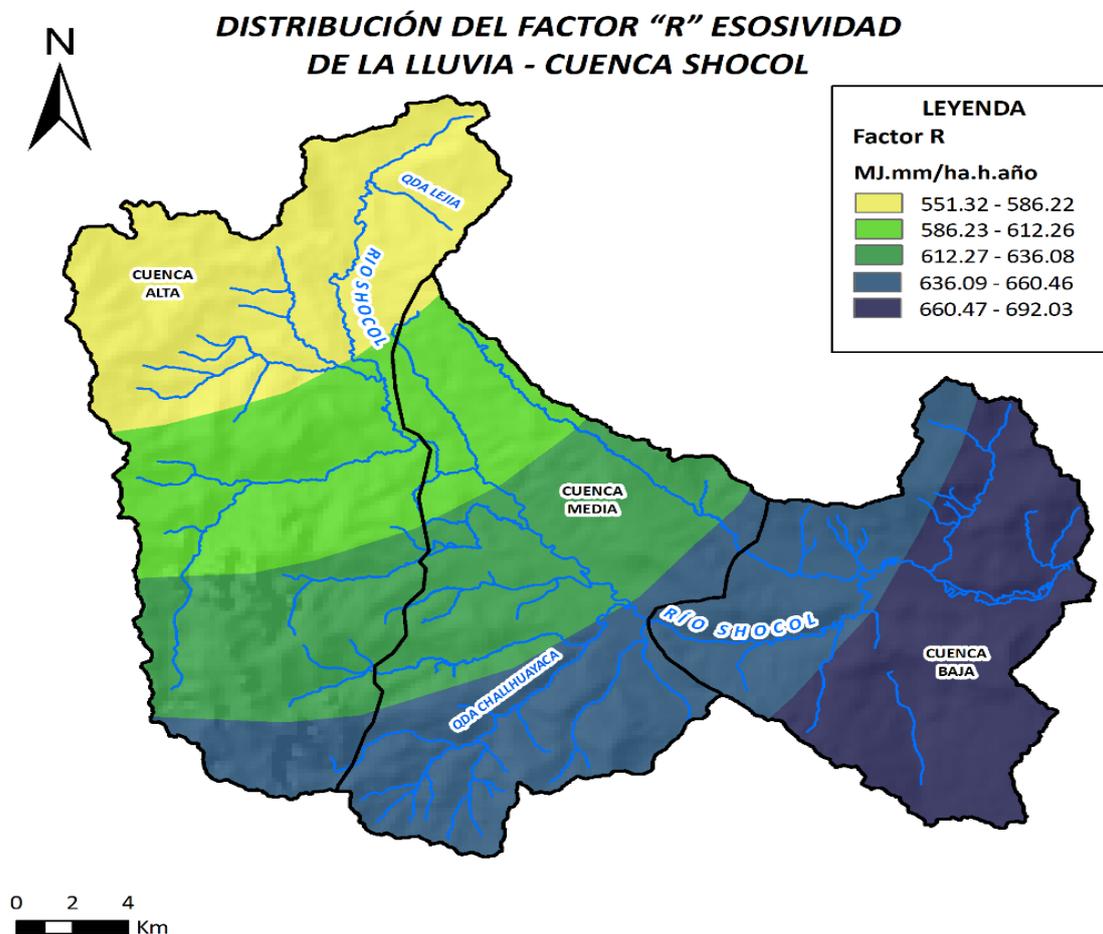
Para estimar la pérdida de suelos por erosión hídrica superficial en la cuenca Shocol, previamente se han estimado los valores de los factores que intervienen en el modelo USLE, los que se detallan a continuación:

4.2.3.1 Factor (R) Índice de erosividad de la lluvia.

Los resultados del índice de erosividad de la lluvia en la cuenca Shocol, se presenta en la Figura 8.

Figuras 8

Mapa de distribución del factor "R" en la cuenca Shocol.



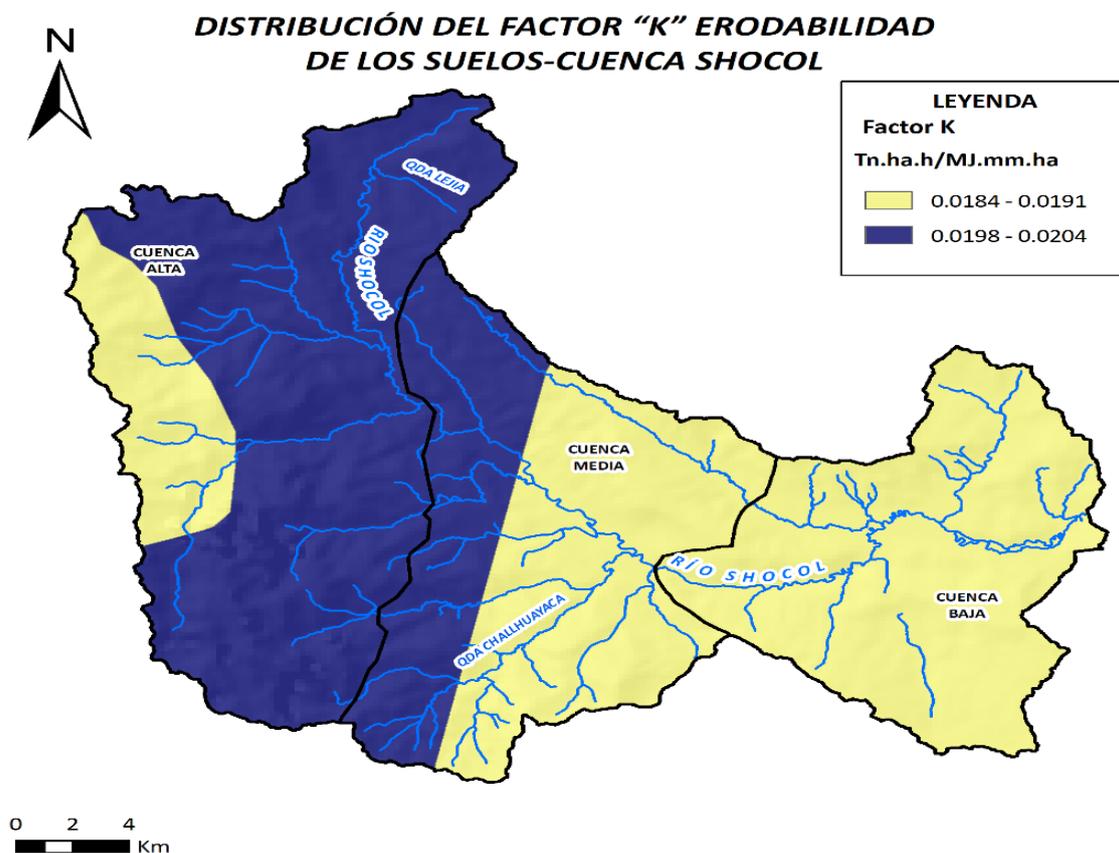
Nota. Elaboración propia

4.2.3.2 Factor (K) Erodabilidad.

Los valores del factor "K" procesados con información de las clases texturales se convirtió en ráster de dos rangos y se presenta en la Figura 9.

Figura 9

Factor K, Erodabilidad de los suelos en la cuenca Shocol.



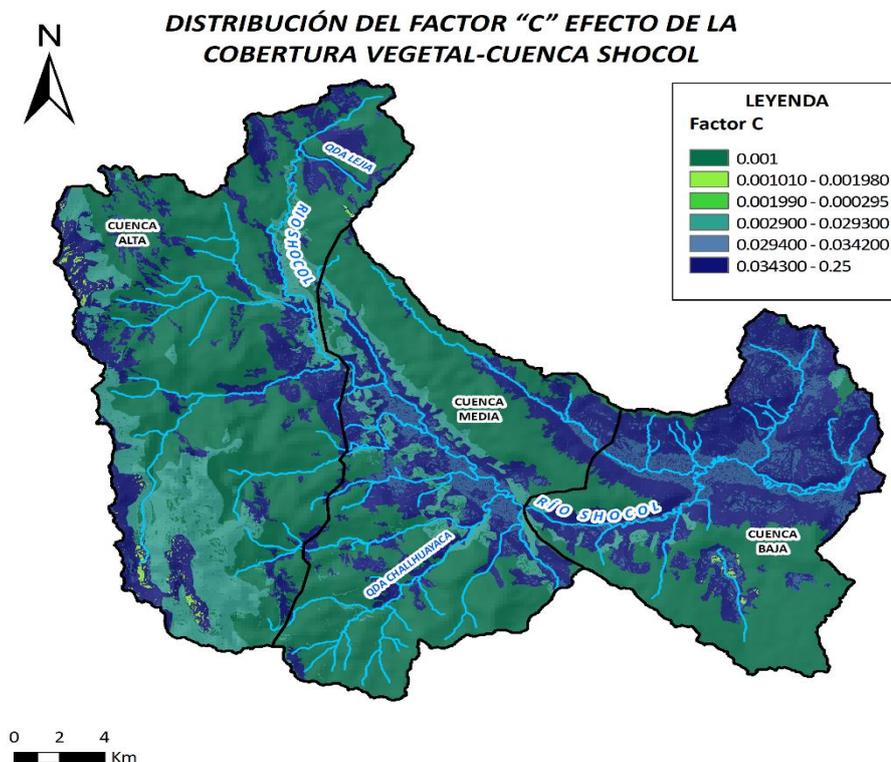
Nota. Elaboración propia

4.2.3.3 Factor (C) Efecto de la cobertura vegetal.

El factor C, determinado con el uso del mapa Google Earth Pro y los valores tabulados por, Wischmeier y Smith, (1978), para cultivos agrícolas, gramíneas, vegetación forestal y otros. Se presenta en la Figura 10.

Figura 10

Mapa de distribución del factor C



Nota. Elaboración propia

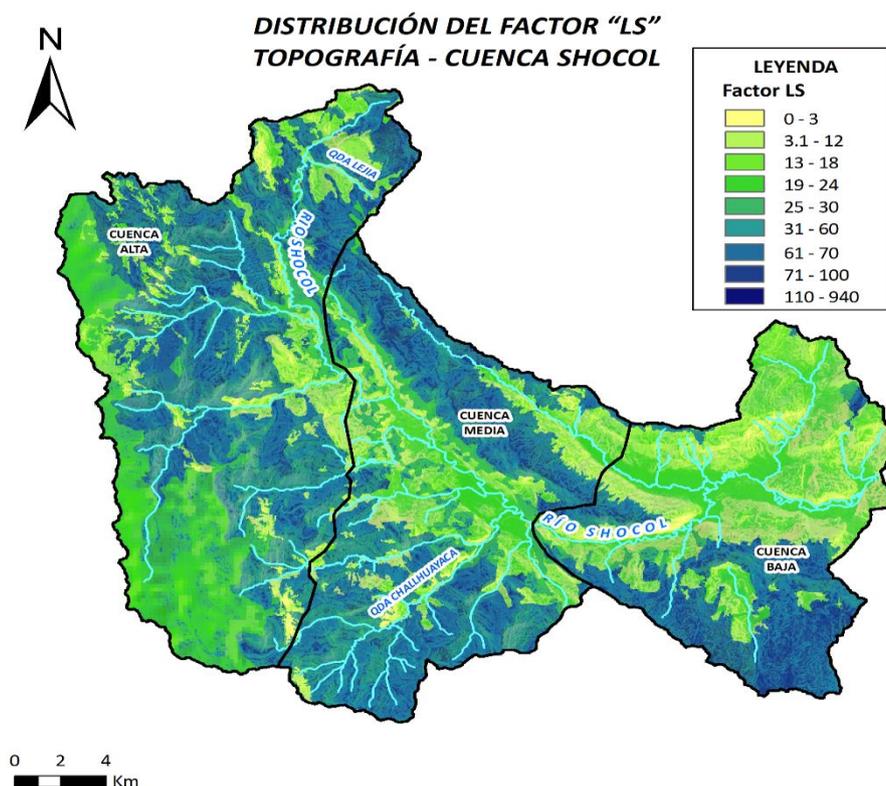
El color verde con el valor de 0.001 representa al bosque o matorral denso y es la que tiene la mayor proporción en la cuenca; el azul claro con valores de 0.0290101- 0.034200, representa la cobertura vegetal con pasturas y el color azul oscuro con valores de 0.034300 – 0.25 representa a los cultivos de café y frutales.

4.2.3.4 Factor Topográfico (LS).

Los factores de longitud (L) y el factor pendiente (S) que al multiplicarse generan el factor LS y es adimensional. En la figura 11, se presentan la distribución del factor LS en la cuenca, empleando el método de Mintegui (1983).

Figura 11

Mapa de distribución del factor LS



Nota. Elaboración propia

4.2.3.5 Factor (P) Aplicación de prácticas de conservación de suelos.

En el caso de la cuenca Shocol, no se ha identificado ninguna práctica de conservación de suelos que se apliquen en los terrenos de pendiente, donde se produce la erosión hídrica, por lo que el valor de P se consideró igual a 1.

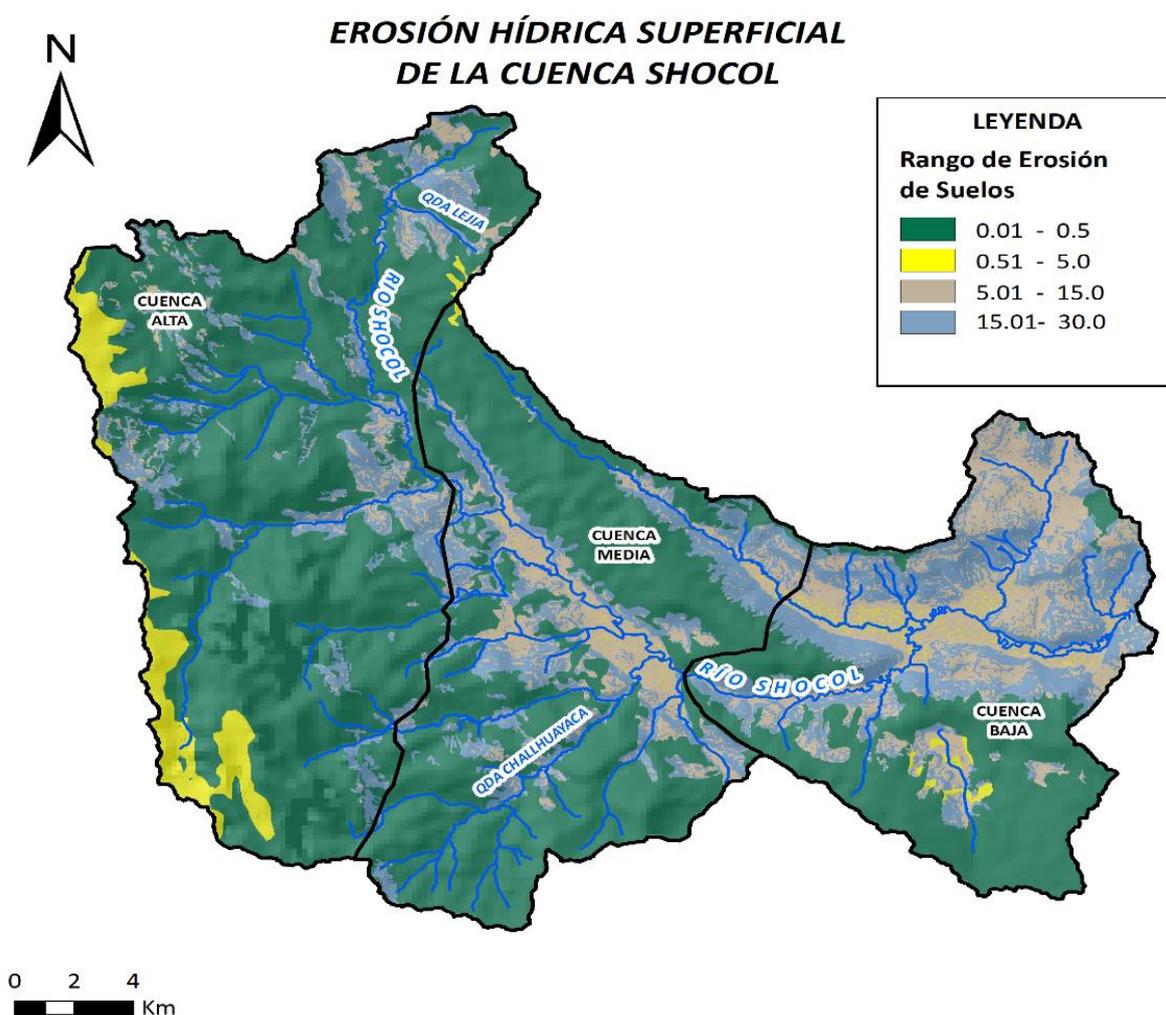
4.2.4 Pérdida de suelo estimado con el método USLE.

Considerando los valores obtenidos para los diferentes factores de la ecuación del modelo USLE y la aplicación del Sistema de Información Geográfica SIG, la pérdida de

suelos por erosión hídrica superficial expresado en (t/ha/año), en los diferentes niveles altitudinales de la cuenca se presenta en el Figura 12.

Figura 12

Mapa de la erosión hídrica de suelos en la cuenca Shocol



Nota. Elaboración propia

En la Tabla 9, se detalla la pérdida de suelos por erosión hídrica, que se viene dando en los diferentes espacios de aprovechamiento en la cuenca Shocol.

Tabla 9

Detalle de la pérdida de suelos por erosión hídrica en la cuenca Shocol

Detalle	Perdida de suelos (t /ha/año)	Área (ha)	Porcentaje (%)	Uso actual
Bosques naturales	0.01 – 0.5	40,567	62	Bosques
Suelos de aptitud agrícola	0.51 – 5.0	2,534	4	Pastos y agricultura
Suelos de aptitud forestal	5.01 – 15.0	9,669	15	Pastos
Suelos de protección	15.01 – 30.0	12,390	19	Pastos
Total		65,161	100	

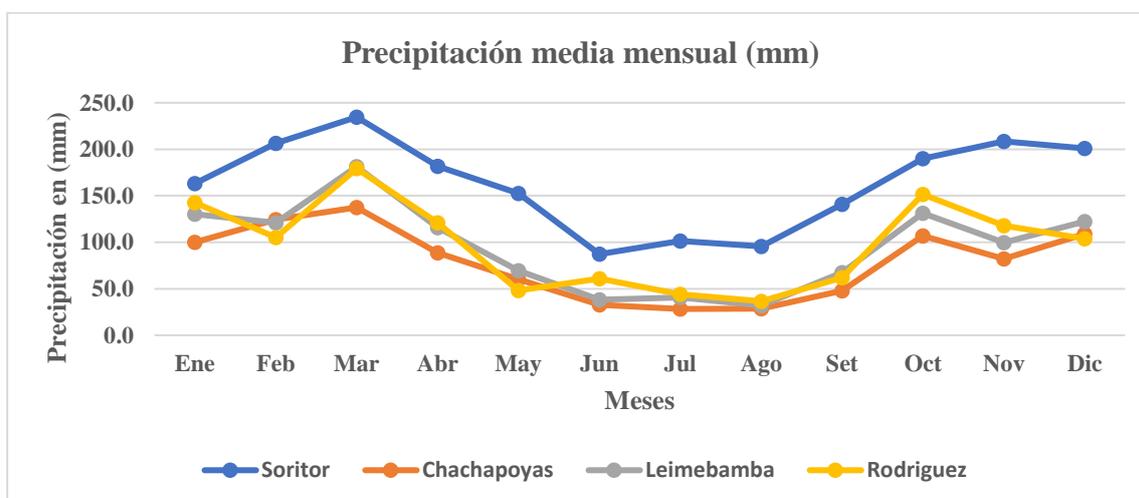
Nota. Elaboración propia

4.2.5 Variables Meteorológicas en la Cuenca Shocol

4.2.5.1 Precipitación.

En las Figura 13, se presentan los detalles de la precipitación por estación meteorológica.

Figura 13

Precipitación total promedio mensual (mm)

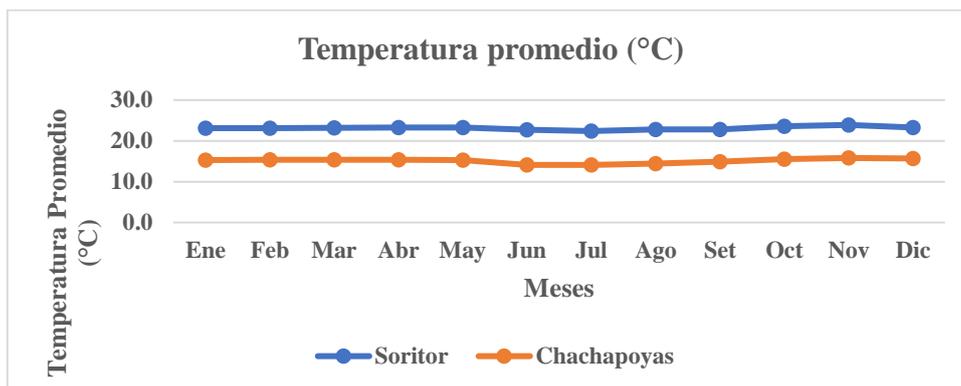
Nota. Elaboración propia con información de SENAMHI

4.2.5.2 Temperatura.

Los valores de la temperatura media mensual, provienen de los registros de las Estaciones Meteorológicas de: Soritor y Chachapoyas. Ver detalles en Figura 14.

Figura 14

Temperatura media mensual en °C



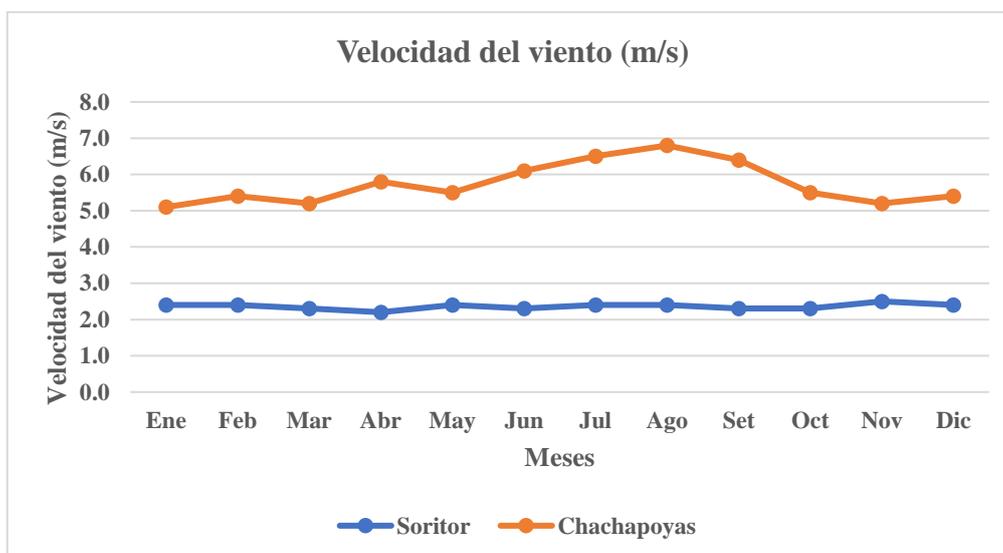
Nota. Elaboración propia con información de SENAMHI

4.2.5.3 Velocidad del viento.

Los valores de velocidad del viento para la cuenca, se presenta en la Figura 15.

Figura 15

Velocidad del viento media mensual (m/s)



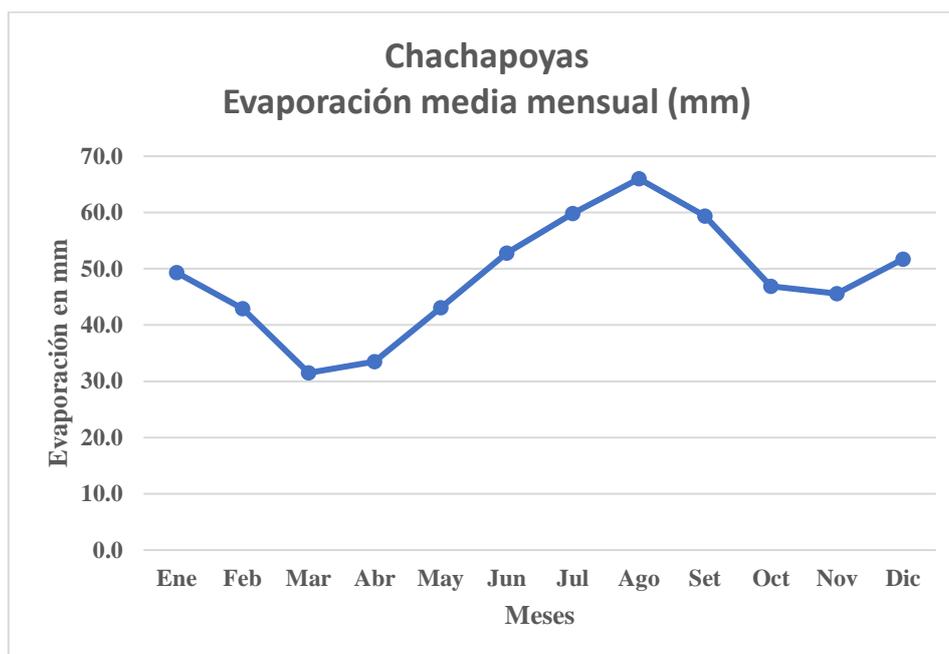
Nota. Elaboración propia con información de SENAMHI

4.2.5.4 Evaporación.

Los datos de evaporación considerados en el estudio de la cuenca se detallan en la Figura 16.

Figura 16

Evaporación media mensual (mm)



Nota. Elaboración propia con información de SENAMHI.

4.2.6 Volumen de agua producido en la Cuenca Shocol.

La red hidrográfica de la cuenca Shocol, ubicada en las cuencas baja, media y alta, está conformada por 37 microcuencas y 10 subcuencas principales, de las cuales, 03 tienen la categoría de ríos y 07 la categoría de quebradas.

El volumen total de agua producido por las 10 subcuencas del Río Shocol es de 15.21 m³/s (15,212 l/s), los que mayormente se concentran en la temporada de invierno (noviembre a abril), que son los meses de más alta precipitación pluvial y también los meses donde se producen los mayores impactos de la deforestación y la erosión hídrica superficial en la cuenca. En la Figura 17, se detalla la red hidrológica de la cuenca Shocol.

Figura 17

Mapa hidrológico de la cuenca Shocol.



Nota. Elaboración propia, donde se detallan los principales tributarios existentes en las cuencas baja, media y alta del Shocol.

En la Tabla 10, se detallan los parámetros empleados en la evaluación y los resultados del aforo realizado en m^3/s de los principales tributarios de agua superficial de la cuenca Shocol, donde $14.00 \text{ m}^3/\text{s}$ del caudal son aportados por tres ríos y $1.12 \text{ m}^3/\text{s}$ son aportados por siete tributarios que tienen la categoría de quebradas.

Tabla 10*Principales tributarios de agua superficial aforados en la cuenca Shocol*

Tributario	Ubicación	Prof. (m)	Área		Velocidad (m/s)	Fc	Caudal	
			Ancho (m)	Total (m ²)			m ³ /s	l/s
Ríos							14	14,000
Chalhuayacu	Limabamba	0.4	20	8	1	0.5	4	4,000
Barbasco	Limabamba	2.5	5	12.5	0.8	0.5	5	5,000
Santa Rosa	Santa Rosa	2.5	8	20	0.5	0.5	5	5,000
Quebradas							1.21	1,212
Yuraqyacu	Limabamba	0.08	1	0.08	0.5	0.25	0.01	10
Paltayurco	Limabamba	0.1	18	1.8	0.4	0.25	0.8	180
Unión	Limabamba	0.15	2	0.3	0.8	0.25	0.06	60
Tinas	Limabamba	0.3	3	0.9	1	0.5	0.45	450
Yanarumi	Limabamba	0.3	3	0.9	0.8	0.5	0.36	360
Esperanza	Limabamba	0.16	1.5	0.24	0.6	0.5	0.07	72
Milpuc	Milpuc	0.1	2	0.2	0.5	0.5	0.08	80
Total							15.21	5,212

Nota: Se precisan las principales subcuencas de la cuenca Shocol, su ubicación, los aforos realizados y los caudales estimados para cada uno de los tributarios.

La producción de agua en la cuenca Shocol tiene dos estaciones marcadas: en invierno, entre los meses de noviembre a abril, con fuertes aportes de agua debido a la concentración de las precipitaciones pluviales y en verano entre los meses de mayo a octubre, donde las precipitaciones son muy escasas.

En la Tabla 11, se presentan los resultados de la oferta, demanda y balance hídrico del agua en la cuenca, donde existe un superávit de 120.87 Hm³ de agua que viene generando impactos ambientales de relevancia socio económica en los pobladores de la cuenca baja.

Tabla 11*Oferta y demanda de agua en la cuenca Shocol*

Componentes	Unidad Medida	Ríos			Total (hm ³)	
		Challhuayacu	Barbasco	Santa Rosa		
		Sub	Sub	Sub		
		Total	- Total	- Total		
Demanda	Demanda agrícola	Hm ³	4.45	1.26	2.69	8.4

Hídrica	con proyecto					
	Demanda uso poblacional	Hm3	0.06	0.063	0.164	0.29
	Demanda caudal ecológico	Hm3	11.27	8.64	4.96	24.87
	Demanda total	Hm3	15.78	9.96	7.78	33.52
Oferta Hídrica	Oferta total de aguas superficiales	Hm3	48.12	67.45	38.83	154.4
Balance Hídrico	Superávit	Hm3	32.33	57.49	31.05	120.87

Nota. Adaptado del Estudio a Nivel de Perfil “Creación del Servicio de Agua para Riego en Sectores del Shocol , Distritos de: Limabamba, Santa Rosa, Totorá, Milpuc y Chirimoto, Provincia de Rodríguez de Mendoza – Departamento de Amazonas” (HC&ASOCIADOS, 2021); donde el hectómetro cúbico (Hm³), es una unidad de volumen que equivale a 1 millón de metros cúbicos, por lo que el superávit de 120.87 hm³ de agua aportado en el periodo de 6 meses es un volumen significativo para una cuenca arreica.

4.2.7.3 Impactos de la deforestación y erosión hídrica.

4.2.7.4 Degradación de suelos deforestados

Desde los inicios de la colonización en 1900, los bosques naturales de la cuenca Shocol, vienen siendo deforestados anualmente para destinarlos al cultivo de pastos y agricultura. Este cambio de uso del suelo, sin las medidas de protección y conservación, vienen impactando negativamente con el incremento de la erosión hídrica, pérdida de materia orgánica y la fertilidad de los suelos, para finalmente convertirse en suelos degradados donde la vegetación natural ha quedado sin opciones para su crecimiento y desarrollo.

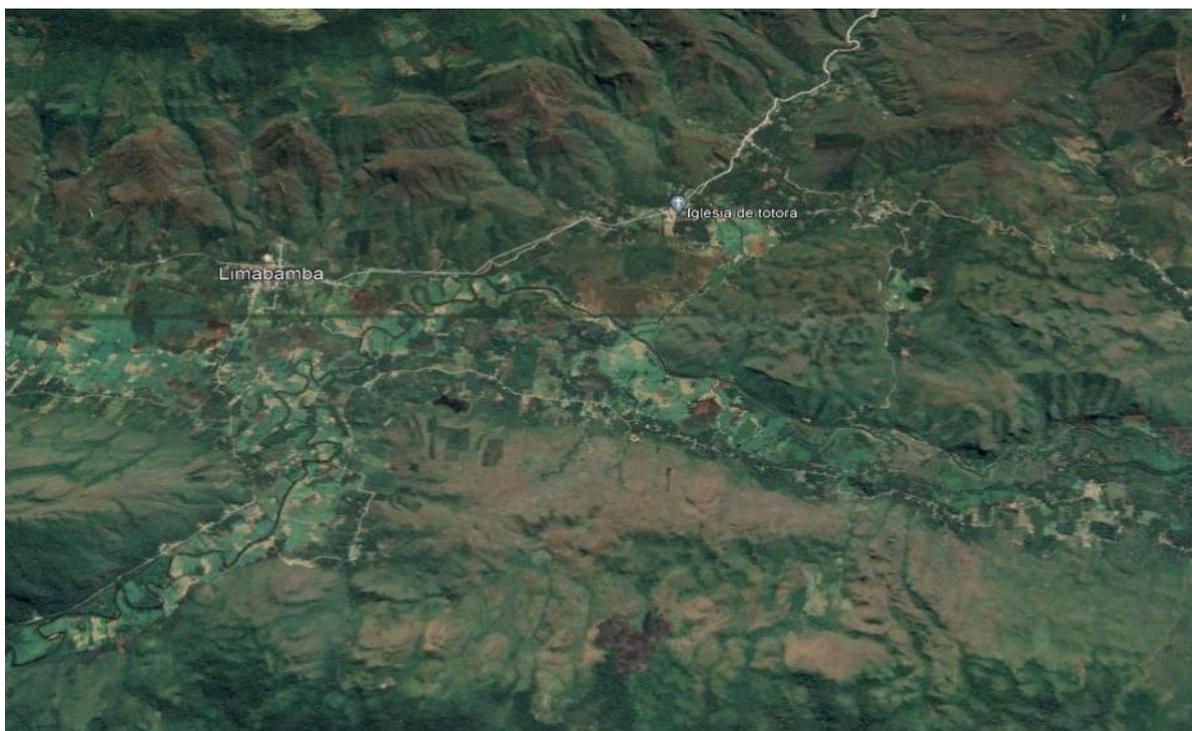
Actualmente 14,307.17 ha de suelos de aptitud forestal y de protección ubicados en la cuenca baja, están en una situación de deterioro ambiental, que requieren de la urgente

implementación de proyectos de reforestación y conservación de suelos para su restauración.

Ver Figura 18.

Figura 18

Suelos de aptitud forestal y de protección deforestados y degradados



Nota. Google Earth Pro 2020

4.2.7.5 4.2.7.2 Traslado de sedimentos y palizadas

En cada temporada de invierno, desde los suelos de aptitud forestal y de protección deforestados, se trasladan de 15 a 30 t/ha/año de sedimentos y palizadas hacia la cuenca baja, específicamente hacia los distritos de Milpuc y Chirimoto, donde se encuentran los sumideros naturales, únicas vías de salida de agua de la cuenca.

En la Figura 19, se aprecia el traslado de sedimentos y palizadas de una microcuenca deforestada en la cuenca alta, los que finalmente llegarán a la cuenca baja generando impactos negativos como la colmatación de riberas, cambios de curso del agua, taponamiento de sumideros naturales e inundación de propiedades.

Figura 19

Traslado de Sedimentos y palizadas desde la Cuenca Alta



Nota. Elaboración propia

4.2.7.6 Erosión de riberas deforestadas

La deforestación de los bosques naturales de la cuenca Shocol, se realiza a tala raza, desde la ribera de los ríos hasta los bosques ubicados en suelos de protección, razón por la cual, 43.67 ha de suelos ribereños están expuestos al embate del caudal de los ríos, perdiéndose en cada época de invierno volúmenes significativos de suelos agrícolas de buena profundidad y calidad agrícola por erosión de las riberas deforestadas. En la Figura 20, se puede la erosión en riberas deforestadas.

Figura 20

Riberas deforestadas en la cuenca media, expuestas a la erosión



Nota. Elaboración propia.

En ambos márgenes del Río Shocol se han identificado 21,838 m de riberas desprotegidas expuestas a la erosión por socavación que, en términos de superficie con un ancho de 20 m considerados como faja marginal, equivalen a 43.67 ha de suelos de excelente calidad agrícola que están expuestas al embate del caudal de las corrientes de agua que crece en cada temporada de invierno.

4.2.7.7 Colmatación de cursos de agua

La escorrentía superficial concentrada cargada de sedimentos procedentes de las cuencas alta y media, al llegar al terreno plano de la cuenca baja con pendientes de 1 al 15%, pierden fuerza, por lo que, los sedimentos gruesos se colmatan en los bordes del río y luego a través de los años modifican el curso del Río.

Según (FAO, 2015), Los sedimentos producidos por erosión hídrica, perjudican a las infraestructuras aguas abajo, generando inundaciones en la cuenca baja; esta situación podría incrementarse en el futuro por los efectos del cambio climático.

Figura 21

Ubicación de los sumideros naturales



Nota. elaboración propia

Frente la constante colmatación de los cursos de agua, se requiere construir drenes hacia los sumideros naturales que actualmente están inutilizados por el cambio de curso del agua.

4.2.7.8 Taponamiento de sumideros

Shocol es una cuenca arreica, donde las aguas procedentes de los diferentes tributarios confluyen en la parte baja de los distritos de Milpuc y Chirimoto y se percolaban al subsuelo mediante sumideros naturales; sin embargo, producto de la constante acumulación de

sedimentos y palizadas trasladados desde la cuenca alta, los sumideros han quedado taponados y obstruidos, generándose serios problemas de inundación en los suelos ribereños de la cuenca baja.

Figura 22

Taponamiento de los sumideros de Milpuc con sedimentos y palizadas



Nota. Ing. Ysmael Mena

Los sumideros naturales existentes en los distritos de Milpuc y Chirimoto. Son vitales para descargar el agua producida en la cuenca, sin embargo, los 03 sumideros de Milpuc los más importantes para la salida del agua de la cuenca, han quedado taponados con sedimentos y palizadas procedentes de la cuenca alta y los 05 sumideros ubicados en el distrito de Chirimoto están inutilizados por el cambio del curso de agua, producto de la colmatación de las riberas con sedimentos gruesos.

4.2.7.9 Inundación de propiedades

Desde 1985 en adelante, con la deforestación de suelos de aptitud forestal y de protección en la cuenca media, se inician las inundaciones en la cuenca baja, los que paulatinamente han venido incrementándose en cada temporada de invierno, por la acumulación de sedimentos y palizadas en los sumideros naturales. En los últimos 6 años se ha inundado más de 246 ha de suelos adyacentes a las riberas del Río Shocol ubicados en los distritos de Milpuc, Chirimoto, Totorá y Limabamba, perjudicando enormemente a los pobladores por la inundación de sus propiedades como: cultivos agrícolas, pastizales, viviendas y vías de transporte. En la Figura 23, se puede ver la inundación que se inicia en la zona de los sumideros de Milpuc.

Figura 23

Inundación de propiedades

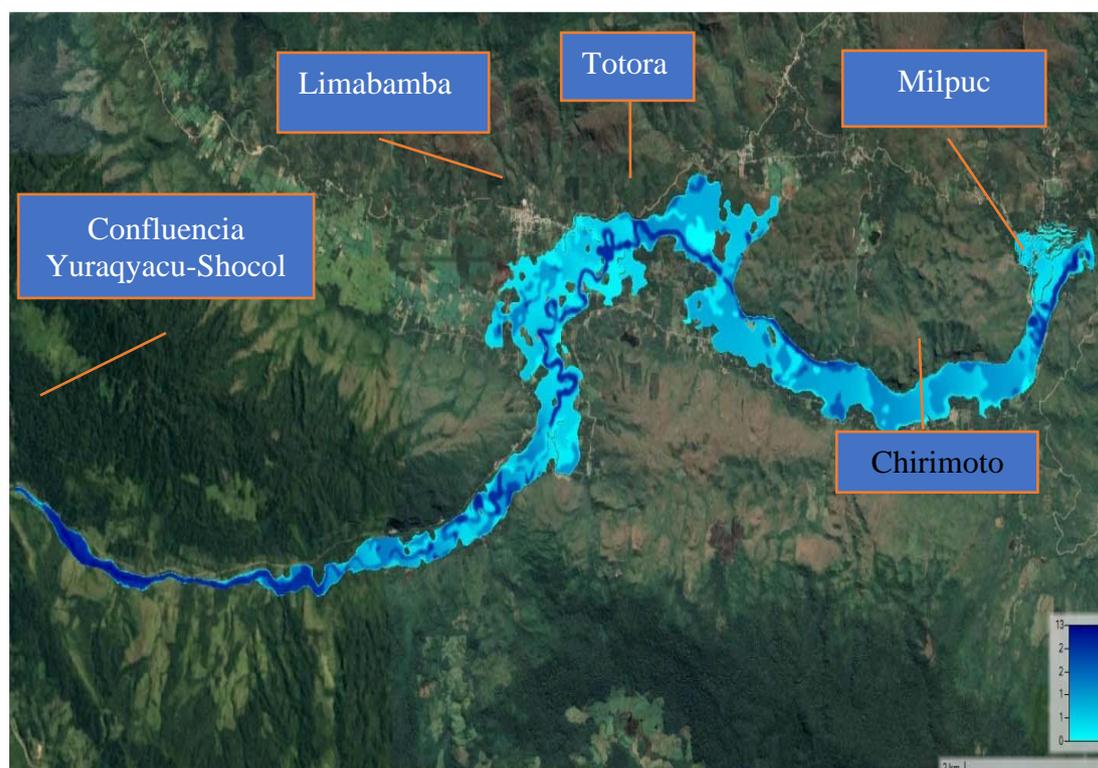


Nota. Consorcio Shocol 2015

Como resultado de la simulación de $15.21 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua sin salida y sin las medidas de protección y estabilización de los suelos en la cuenca alta, se estaría inundando propiedades en una longitud de 40 Km y una superficie de 795 ha entre Milpuc y la confluencia del Yuraqyaku y Shocol, donde se ubican los distritos de Milpuc, Chirimoto, Totorá y Limabamba.

Figura 24

Proyección de inundaciones en $Tr=100$ años



Nota. Tomado de HC & Asociados, 2020

Como se puede ver, los impactos de la inundación en la cuenca baja serían desastrosos para los pobladores asentados en la cuenca baja esta zona, por lo que la Mancomunidad Shocol como medida de primera prioridad, debería gestionar ante Defensa Civil la creación de un programa para la eliminación de sedimentos acumulados sobre los sumideros naturales y la construcción de drenes hacia los sumideros inutilizados.

4.2.7.10 Población Impactada

La población asentada en la cuenca Shocol es de un total de 7,530 habitantes, donde la actividad económica principal es la ganadería que se desarrolla en terrenos de pendiente y la agricultura que se desarrolla en terrenos planos ubicados al pie de monte. En la Tabla 13, se aprecia la población de la cuenca Shocol, por distritos y sus centros poblados.

Tabla 12

Población, PEA y Viviendas en la Cuenca Shocol

Distritos	Población			PEA	Centros Poblados	Densidad población (hab/Km ²)	Viviendas ocupadas
	Total	Hombres	Mujeres				
Chirimoto	2,996	1,646	1,350	943	29	13	671
Limabamba	3,032	1,598	1,434	941	17	5	908
Milpuc	324	178	146	354	6	13	193
Santa Rosa	756	380	376	196	12	24	226
Tотора	422	214	208	99	5	23	176
TOTAL	7,530	4,016	3,514	2,533	69		

Nota. elaboración propia, con datos del Censo de Población y Vivienda -2017

Los pobladores asentados en la cuenca baja del Shocol, son los que soportan los mayores impactos de la deforestación traducidos en: colmatación de riberas, cambios del curso del Río, taponamiento de sumideros naturales e inundación de propiedades.

Frente los impactos negativos de la deforestación, la mancomunidad Shocol debería gestionar ante instancias nacionales y regionales la implementación de proyectos integrales de reforestación y conservación de suelos, que establezca los suelos deforestados en la cuenca media y alta y elimine los sedimentos acumulados en los sumideros de Milpuc y Chirimoto y construya los drenes hacia los sumideros inutilizados por cambio de curso del Río Shocol.

5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Cuantificación de la superficie de bosques deforestados

Realizada la delimitación territorial de la cuenca Shocol, se determinó una superficie de 65,160.76 ha, la misma que corresponde a una cuenca muy grande, según clasificación propuesta por Campos, (1998).

Las primeras acciones de deforestación de los bosques naturales de la cuenca Shocol, se produjo en el periodo 1900 – 1984, en un horizonte de 84 años, habiéndose deforestado un total 16,841.17 ha de bosques naturales ubicados en la cuenca baja, para convertirlos en pastizales y terrenos agrícolas.

Entre los años 1985-2000, en un horizonte de 15 años, se produce la deforestación de 20,384.96 ha de bosques naturales en la cuenca media ubicados sobre suelos de aptitud forestal y de protección.

En el periodo 2001 – 2020, en un horizonte de 20 años, la deforestación se concentra en la cuenca alta, habiéndose talado 27,970.63 ha de bosques naturales ubicados en suelos de protección, con serias consecuencias ambientales en la cuenca baja.

En general, durante los 120 años de intervención, se han deforestado una superficie de 24,593 ha de bosques naturales, equivalente al 37.74% del total, con impactos ambientales negativos traducidos en erosión hídrica, pérdida de la fertilidad de suelos, traslado de sedimentos y palizadas, colmatación de cursos de agua, taponamiento de sumideros e inundación de propiedades, los que constituyen los problemas ambientales de urgente solución para la población de la Cuenca Shocol.

Según, Urquizo (2020) casos similares de deforestación ocurre en la selva alta del Perú, intensificándose la deforestación en las zonas de: Jaén y San Ignacio en Cajamarca, Bagua y Rodríguez de Mendoza en Amazonas, Alto Mayo en San Martín, Alto Huallaga en Huánuco, selva central en los departamentos de Junín y Pasco y Río Apurímac entre los

departamentos de Ayacucho y Cusco; donde la tasa de deforestación nacional es de 261,158 ha/año, que equivale a intervenir 716 ha/día.

La tasa media anual de deforestación durante los 120 años de intervención en la cuenca es de 204.85 ha/año, donde los bosques naturales ubicados en suelos de protección son los que han sufrido las mayores tasas de deforestación con un 50.4 %, seguido por los suelos de aptitud forestal con un 39.3 % y los suelos de aptitud agrícola con 10.3 %.

Situación similar ocurre en América Latina, donde el proceso de deforestación ha concitado preocupación por la difusión de las consecuencias negativas. Para América Latina en conjunto, la deforestación en la década de los 80' alcanzó una tasa de 0.61%; en Brasil la tasa de deforestación fue de 21,000 km² para la década de 1978-1988; en México a principios del siglo el 12.8% del territorio estaba cubierto de bosques, hoy solo lo cubre el 2.8%; en Argentina para 1914, los bosques cubrían una superficie de 106 millones de ha, hoy solo disponen de 35 millones de hectáreas. En la Amazonia peruana, anualmente se talan 2,849 km² de bosques, el 80% de ellos de manera ilegal. Schwartz y Smith (2015)

5.2 Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica.

Los resultados de la estimación de pérdida de suelos por erosión hídrica en la cuenca Shocol, aplicando el modelo USLE, es el siguiente:

La pérdida de suelos por erosión hídrica en los bosques naturales es de 0.01 a 0.5 t/ha/año y se debe a la cobertura vegetal existente, tal como menciona (Santamaria, 2021) la vegetación actúa como una capa protectora del suelo, donde los componentes aéreos compuesto por el follaje y las ramas, absorben parte de la energía de las gotas de lluvia y del agua en movimiento.

La pérdida de suelo en terrenos planos y ondulados con pendientes que oscilan entre 10-30% es de 0.51 a 5.0 t/ha/año y corresponde a terrenos agrícolas explotados bajo el sistema agroforestal y se consideran moderadas.

La pérdida de suelos en pastizales establecidos sobre suelos de aptitud forestal con pendientes entre el 50 y 70% oscilan entre 5.01 a 15.00 t/ha/año, situación que se complica aún más con el pastoreo extensivo del ganado vacuno y la falta de medidas de conservación de suelos.

La pérdida de suelos en pendientes superiores al 70% es de 15.01 a 30.00 t/ha/año, convertidos en la actualidad en las zonas de mayor producción de sedimentos en la cuenca.

En general, la erosión hídrica en la cuenca Shocol, considerando los niveles propuestos por FAO-PNUMA Y UNESCO (1980) es moderada. Con este resultado, se niega la hipótesis planteada de que los sedimentos producidos en la cuenca Shocol es alta.

5.3 Zonas críticas de producción de sedimentos

Según el mapa de erosión hídrica superficial de la cuenca Shocol, las zonas críticas de producción de sedimentos con volúmenes de 15.01 a 30.00 t/ha/año, corresponden a suelos de protección ubicados en la cuenca alta, con lo que se confirma la hipótesis de la existencia de zonas críticas con alta producción de sedimentos.

Sobre el tema, Ganasri y Ramesh (2015) mencionan que cuantificar y zonificar las pérdidas de suelo en una cuenca, es fundamental para implementar las prácticas de conservación de suelos. La degradación de suelos a escala planetaria generado por las actividades del hombre supera los 2,000 millones de hectáreas, de las cuales alrededor de 1,100 millones son por erosión hídrica.

Las medidas para frenar los procesos erosivos y estabilizar los suelos de protección deforestados, es la implementación de proyectos de reforestación con especies nativas y

exóticas, complementadas con prácticas de conservación de suelos como: las terrazas de formación lenta, fajas en contorno con árboles y arbustos, muros disipadores de energía en quebradas donde existan piedras y la protección y estabilización de riberas con especies de amplio sistema radicular como los carrizos, cañabrava, sauce llorón, bambú, pájaro bobo y otras especies nativas.

Una medida complementaria para frenar la deforestación y conservar los bosques naturales remanentes en la cuenca alta, es su declaratoria de intangibilidad que debería ser realizado por las autoridades de la Mancomunidad Shocol.

5.4 Volumen de agua producido en la cuenca Shocol

La disponibilidad de agua en la cuenca Shocol, depende en gran medida de la adecuada interrelación de las variables meteorológicas como: precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y evaporación.

Los tributarios de la cuenca del Río Shocol está constituido por 37 microcuencas y 10 subcuencas, los que aportan un volumen total de 15.21 m³/s, donde los mayores volúmenes de aporte se concentran en los meses de noviembre a abril de cada año, con lo que se confirma la hipótesis planteada respecto los mayores volúmenes de agua producidos en los meses de invierno.

En el modelamiento de inundación realizado por el Equipo Técnico de (HC&ASOCIADOS, 2021), si la cuenca no tendría salida de agua durante la época de invierno con un volumen de 15.21 m³/s, se estaría inundando una superficie de 795 ha de terrenos agrícolas de alta productividad en una longitud de 40 Km entre las localidades de Milpuc, Chirimoto, Totorá y Limabamba, causando graves impactos socio económicos en la población asentada en la cuenca baja del Río Shocol.

Al respecto, Molina y Vanacker et al. (2021) mencionan que las actividades desarrolladas por el hombre en una cuenca, complementado con las precipitaciones pluviales,

incrementan la erosión de los suelos y el riesgo de las poblaciones asentadas en la cuenca baja ante eventos de inundación.

5.5 Impactos de la deforestación y la erosión hídrica

Respecto la degradación de suelos, entre los años 1900-1984, se produjo la deforestación de 14,307.17 ha de suelos de aptitud forestal y de protección ubicados en la cuenca baja que actualmente están en una situación de deterioro ambiental y requieren de la urgente implementación de proyectos de reforestación y conservación de suelos para su restauración. Al respecto, Acevedo-Sánchez et al., (2021), mencionan que la degradación del suelo es un proceso degenerativo que reduce su capacidad productiva; generalmente se inicia con descensos en los niveles de materia orgánica y actividades biológicas y con efectos desfavorables para infiltrar el agua al subsuelo.

En relación al traslado de sedimentos y palizadas, en cada temporada de invierno, desde suelos de aptitud forestal y de protección deforestados, se trasladan de 15 a 30 t/ha/año de sedimentos y palizadas hacia la cuenca baja, donde se encuentran los sumideros naturales, únicas vías de salida de agua de la cuenca. Esta situación es coincidente con lo manifestado por Morales - Carrillo et al. (2016) donde la deforestación de los bosques para destinarlos a la agricultura y ganadería, produce variaciones en las características físicas y químicas del suelo, disminuyendo la materia orgánica y nutrientes, favoreciendo el incremento de la escorrentía superficial y la erosión del suelo.

Sobre la erosión de riberas deforestadas, en ambos márgenes del Río Shocol existe un total de 21,840 m de riberas desprotegidas expuestas a la erosión por socavación que, en términos de superficie considerando una faja marginal de 20 m, equivalen a 43.67 ha de suelos de excelente calidad agrícola que están expuestas al embate del caudal de las corrientes de agua que crece en cada temporada de invierno. Sobre el tema, Cabrejos (2016) en el estudio “Determinación del riesgo, vulnerabilidad y la cuantificación de la erosión

hídrica en la microcuenca del Río Atué -Amazonas” concluye que los suelos que presentan mayores incidencias erosivas son las ubicadas en las partes altas del territorio y en las riberas de los ríos.

Sobre la colmatación de cursos de agua, La escorrentía superficial cargada de sedimentos procedentes de las cuencas alta y media, al llegar al terreno plano de la cuenca baja, pierden fuerza, por lo que, los sedimentos gruesos se colmatan en los bordes del río y luego a través de los años estos modifican el curso del Río.

Sobre el taponamiento de sumideros naturales, el traslado de sedimentos de hasta 30 t/ha/año, procedentes de la cuenca media y alta confluyen en las localidades Milpuc y Chirimoto generando la acumulación de sedimentos hasta en una altura superior a 30 m, los que han obstruido completamente la salida del agua de la cuenca.

Sobre la inundación de propiedades, desde 1985, el traslado de sedimentos y palizadas desde la cuenca media y alta han venido incrementándose paulatinamente. En los últimos 6 años, se han inundado 246 ha de suelos adyacentes a las riberas del Río Shocol ubicados en los distritos de Milpuc, Chirimoto, Totorá y Limabamba, perjudicando enormemente a los pobladores por la inundación de cultivos agrícolas, pastizales, viviendas y vías de transporte, por lo que como medida urgente, la Mancomunidad Shocol debería promover el desarrollo de proyectos para la eliminación de sedimentos acumulados sobre los sumideros naturales de Milpuc y Chirimoto y la construcción de drenes hacia los sumideros inutilizados.

Finalmente, la población impactada por las consecuencias de la deforestación y erosión hídrica es de 7,530 habitantes que tienen como actividad principal actividad económica a la ganadería y la agricultura. Los pobladores asentados en la cuenca baja del Shocol, son los que soportan los mayores impactos de la deforestación y la erosión hídrica de suelos, traducidos en: colmatación de riberas, cambios del curso del Río, taponamiento de sumideros naturales e inundación de propiedades.

6 CONCLUSIONES

- De las 65,160.76 ha de bosques naturales existentes en la cuenca Shocol, 24,593.00 ha (37.74%) del total, han sido deforestados para ser destinados al cultivo de pastos y agricultura.
- La producción de sedimentos en el bosque natural varía de 0.01 a 0.50 t/ha/año, mientras que en suelos de aptitud forestal y de protección deforestados y convertidos en pastizales de 15.01 a 30.00 t/ha/año.
- Los suelos de protección deforestados en la cuenca alta, convertidos en pastizales, son los mayores productores de sedimentos con 30 t/ha/año.
- El volumen de agua producido en la cuenca es de 15.21 m³/s, el mismo que es suficiente para satisfacer las necesidades consuntivas o no consuntivas de la cuenca, existiendo un superávit de 120.87 Hm³
- La deforestación de los bosques naturales en la Cuenca Shocol, tiene impactos negativos como: la erosión hídrica de los suelos, la pérdida de fertilidad, colmatación de riberas, modificación de cursos de agua, taponamiento de sumideros naturales, inundación de propiedades e infraestructuras de transporte en la cuenca baja, impactando a 7,530 habitantes ubicados en 69 centros poblados.

7 RECOMENDACIONES

A fin de lograr el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales de la cuenca, se recomienda:

- Realizar el estudio de zonificación ecológica económica (ZEE) de la cuenca, considerando sus potencialidades y limitaciones.
- Restaurar los suelos de aptitud forestal y de protección deforestados implementando proyectos integrales de reforestación y conservación de suelos empleando especies nativas y exóticas; gestionando su financiamiento ante las instancias nacionales, regionales y locales.
- Proteger los bosques remanentes ubicados en suelos de protección, emitiendo una ordenanza de mancomunidad para prohibir su deforestación.
- Gestionar el desarrollo de proyectos agropecuarios para incrementar la productividad de las actuales parcelas en explotación, que solo producen entre el 20 y 40% de su capacidad.
- Gestionar el apoyo de Defensa Civil para implementar el programa de limpieza de sumideros taponados y la construcción de drenes hacia los sumideros inutilizados.
- Considerando los impactos ambientales negativos de la deforestación de bosques naturales y la erosión hídrica de los suelos, desarrollar el componente Educación Ambiental, en todos los proyectos que se implemente en la cuenca.

8 REFERENCIAS

- Acevedo, I., Sánchez, A., & Mendoza, B. (2021). Evaluación del nivel de degradación del suelo en dos sistemas productivos en la depresión de Qiobor. I. *Análisis Multivariado*. Revista *Bioagro*, 33(1), 59-66. http://dx.doi.org/10.51375/bioagro_331.7
- Acosta et al., 2017 . Efectos del cambio del uso del suelo, bajo sistema forestal con *Pinus sp.* sobre fracciones de la materia orgánica y distribución de los agregados. *XI Reunión Nacional Científico - Técnica de Biología de Suelos, Argentina Agrotecnia*, 25. DOI: <http://dx.doi.org/10.30972/arg.0252444>
- Aguirre, (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *REDESMA*, 5(1), 9-20.
http://www.siagua.org/sites/default/files/documentos/documentos/cuencas_m_aguirre.pdf
- f Acevedo & Sánchez et al. (2021). Evaluación del nivel de degradación del suelo en dos sistemas productivos en la depresión de Qiobor. I. *Análisis Multivariado*. 59 - 66. Obtenido de file:///C:/Users/HP/Downloads/3023-Article%20Text-3060-2-10-20201222.pdf
- Acosta et al., (2017). Efectos del cambio de uso del suelo, bajo sistema agroforestal con *Pinus* sobre fracciones de la materia orgánica y distribución de los agregados. *Agrotecnia*, 20. Obtenido de file:///C:/Users/FIDEL/Downloads/2444-7376-1-PB.pdf
- Aguirre, (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos.
- Rojas et al., (2019). Deforestación en la Amazonía Peruana: Índices de cambios de cobertura y uso del suelo basado en SIG. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles.*, 34. Obtenido de <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/2538/2555>
- Armenteras y Rodríguez. (2014). *Dinámicas y causas de deforestación en bosques de Latino América*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v17n2/v17n2a08.pdf>:
<http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v17n2/v17n2a08.pdf>
- Azqueta, D. (2021). *Los servicios de los ecosistemas en América Latina: ¿motor de desarrollo?* Universidad de Alcalá, España. Obtenido de file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-Los Servicios de los Ecosistemas en America Latina-79934
- Ballesteros y Ñacato, (2020). *Análisis de la deforestación en la erosión hídrica del suelo y sedimentación de la microcuenca del Río Blanco, Carchi*. Ecuador. Obtenido de file:///C:/Users/HP/Downloads/03%20RNR%20361%20TRABAJO%20GRADO%20(1).pdf
- Belasri, (2016). Estimation of Soil Erosion Risk Using the Universal Soil Loss Equation (USLE) and Geo-Information Tecnology in Oued El Makhazine Watershed, Morocco. *Journal of Geographic Information System*, 2013, 8, 98,107(8). Obtenido de https://www.scirp.org/pdf/JGIS_2016022913313045.pdf
- Blanco, (2019). Erosión hídrica en la microcuenca del cause 31 de diciembre, Nicaragua. *Nexo*, 105. Obtenido de <http://revistas.uni.edu.ni/index.php/Nexo>

- Burgos y Bocco, (2015). *Dimensiones sociales en el manejo de cuencas*. Mexico.
- Cabrejos, (2016). *Modelamiento geoespacial en la determinación del riesgo, vulnerabilidad y de la cuantificación de la erosión hídrica en la microcuenca del Rio Atuen-Amazonas*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima. Obtenido de <file:///C:/Fidel/2021/Tesis%20Def%20y%20erosi%C3%B3n%20h%C3%ADdrica%20cuenca%20shocol/Libros/Tesis%20Riesgo%20de%20Vulnerabilidad%20y%20erosi%C3%B3n%20h%C3%ADdrica%202016.pdf>
- Camacho y Gómez. (2018). Erosión hídrica por lluvias máximas en diferentes tiempos de retorno en la subcuenca Cumbaza - Región San Martín. *Catedra Villarreal*, 143.
- Camargo et al., (2017). Erosión hídrica, fundamentos, evaluación y presentación cartográfica. *Gestión y Ambiente*, 280.
- Campos, (1998). *Procesos del ciclo hidrológico*. México. Obtenido de <file:///C:/Users/FIDEL/Downloads/Campos%20Aranda%20-%20Procesos%20del%20ciclo%20Hidrologico.pdf>
- Chávez, (2019). Erosión hídrica en la microcuenca del cause 31 de diciembre. *Nexo*, 32(02), 105.
- Dario, (2017). Desarrollo sustentable y medio ambiente: la perspectiva en América Latina. Argentina.
- Escobar, (2019) *Estimación de la erosión hídrica en la zona semiárida del norte chileno mediante la ecuación universal de pérdida del suelo (USLE): en el caso de Penitiqui (IV Región de Coquimbo)*. Universidad de Chile, Santiafo-Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/173350/estimaci>
- FAO, (2015). *Estado Mundial del Recurso Suelo*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/i5126s/i5126s.pdf>
- FAO, (2016). *El Estado de los Bosques del Mundo*. Obtenido de https://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/2016/09/El_estado_de_los_bosques_mundo_2016_FAO.pdf
- FAO, (2018). *Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales*. Colombia.
- FAO, (2020). *Evaluación de los recursos forestales mundiales*. Roma. Obtenido de <http://www.fao.org/3/ca9825es/ca9825es.pdf>
- FAO. (2020). *La tasa de deforestación en el mundo creció a tasas alarmantes según FAO*. Roma. Obtenido de baenegocios.com/sociedad/La-tasa-de-deforestacion-en-el-mundo-crecio-a-tasas-alarmantes-segun-la-FAO-20200524-0031.html
- FAO, (2021). Obtenido de <http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/metadata.show?id=14116>: <http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/metadata.show?id=14116>
- FAO/UNESCO. (2022). *Mapa Mundial de los Suelos de la FAO/UNESCO*. Roma. Obtenido de <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/mapas-historicos-de-suelos-y-bases-de-datos/m>
- Fasona et al., (2018). *Drivers of deforestation and Land-Use Change in Southwest Nigeria*. Nigeria. Obtenido de [Drivers of Deforestation and Land-Use Change in Southwest Nigeria](http://www.fao.org/3/ca9825es/ca9825es.pdf)

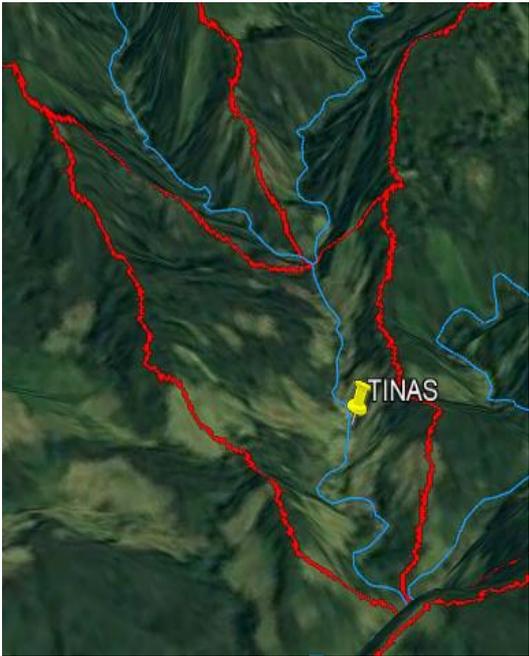
- Ganasri y Ramesh, (2015). Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS - A case study of Nethravathi Basin. *Geoscience Frontiers*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674987115001255>
- García, (2016). La deforestación: una práctica que agota nuestra biodiversidad. *Producción + Limpia*, 11(2), 2. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-0455
- Gómez, (2018). Destrucción de bosques nativos y deforestación ilegal: El caso Argentino (1998-2016). *Papeles de Geografía*, 64 p. 154-180. Obtenido de conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/98047/CONICET_Digital_Nro.52db7b
- González del Tánago, (1991). La Ecuación Universal de Pérdida del Suelo. Pasado, Presente y Futuro. *Ecología N° 5, 1991*, pp 13-50, 50. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia_05_02_tcm30-100846.pdf
- Guerra, (2019). *Estimación de la variabilidad espacial y temporal de la escorrentía en microcuencas que drenan los páramos del Ecuador*. Obtenido de <file:///C:/Users/FIDEL/Downloads/CD%209966.pdf>
- Gutiérrez, (2017). Evaluación de la erosión hídrica y escorrentía en tres sistemas productivos para un manejo sostenible del suelo en la vereda Santa Martha, Cabrera y Cundinamarca. *UNIMINUTO*, 95.
- HC&ASOCIADOS, (2021). *Creación del servicio de agua para riego en sectores del valle Shocol, distritos de Limabamba, Santa Rosa, Totorá, Milpuc y Chirimoto*. Rodríguez de Medoza.
- Hernández et al., (2017). *Metodología de la Investigación*. Mexico. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Joyce, (1983). *Deforestation Rates and Trends in Costa Rica, 1940 to 1983*. Estados Unidos. Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/2388421>
- López, (2018). *Impacto de la deforestación en la cuenca baja del Río Ayampe en la provincia de Manabí*. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa - Manabí - Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1297/1/PROYECTO-DE-TESIS-BRYAN-LOPEZ->
- Lux, (2016). *Conceptos básicos de morfometría de cuencas hidrográficas*. New York.
- Miranda, (2018). Erosión de suelos y crisis hídrica. *Fundación Terram*, 72.
- Molina et al., (2021). *Infraestructura natural para la gestión de riesgos de erosión e inundaciones en los Andes*. Lima, Perú. Obtenido de <https://www.forest-trends.org/publications/infraestructura-natural-para-la-gestion-de-riesgos-de-eros>
- Mónaco, (2020). Deforestación de los Bosques Nativos de Argentina. *Quiפו Forestal*, 50.
- Monjardín et al., (2017). La deforestación y sus factores causales en el estado de Sinaloa, México. *Madera y Bosques*, 22.
- Morales et al., (2016). Cambio de cobertura vegetal en la región de Bahía de Banderas, México. 7-16. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/776/77645907002/html/>

- Pereyra, (2020). *Análisis de la Cobertura Vegetal, cuerpo de agua, erosión del suelo y monitoreo de invasiones de territorio empleando dos tipos de drones en el área de conservación privada Tilacancha*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Rodríguez de Mendoza. Obtenido de <http://portal.concytec.gob.pe/index.php/noticias/2226-primera-sustentacion-de-tesis-online-en-amazonas-evidencia-un-riesgo-futuro-en-el-area-de-conservacion-privada-tilacancha-chachapoyas>
- Pinilla, (2017). *Bioética y Medio Ambiente*. Colombia. Obtenido de <https://digitk.areandina.edu.co/bitstream/handle/areandina/1148/Bio%C3%A9tica%20y%20medio%20ambiente.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Puerta, (2018). *Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica usando la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) en la subcuenca, Chinata, Amazonas*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas. Obtenido de <https://1library.co/document/q73dv3ny-estimacion-perdida-ecuacion-universal-perdida-subcuenca-chinata-amazonas.html>
- Ramos y De la Tejera, (2016). Deforestación. género y estrategias familiares de vida en la Comunidad de San Miguel Pomacuarán , Michocán. *Geografía Agrícola*, 63. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/757/75749287007.pdf>
- Reategui, (1996). *Monitoreo continuo de los procesos de deforestación en la Amazonia Peruana*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.
- Reid et al., (2003). Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. *Millennium Ecosystem Assessment*, 43.
- Richter, (1995). *¿Es una plantación forestal un bosque?*
- Rimarachín, (2019). *Evaluación del impacto de la población en la degradación de los bosques naturales del distrito Soritor, provincia Moyobamba, región San Martín, Perú*. Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba. Obtenido de <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3556/MAEST.GEST.AMB.%20-%20Oscar%20>
- Rodríguez, (2015). Estimación de la admisibilidad de pérdidas de suelo por erosión hídrica en la cuenca del arroyo Napaleofú, provincia de Buenos Aires-Argentina. *Revista Geográfica Venezolana*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3477/347738680007.pdf>
- Rozo, (2020). *PIPEC - Programa de investigación de política exterior de Colombia*. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/40821/La%20defensa%20de%20la%20v>
- Sader, (1988). *Deforestation Rates and Trends in Costa Rica, 1940 to 1983*. USA. Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/2388421>
- Sahagún y Reyes, (2018). Impactos por cambio de uso de suelo en áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental. *Ciencia UAT*. doi:10.29059/cienciauat.v12i2.831
- Salas-Rojas et al., (2018). Deforestación en el área de conservación privada Tilacancha: zona de recarga hídrica y de abastecimiento de agua para Chachapoyas. Amazonas. Obtenido de <file:///C:/Users/HP/Downloads/393-1563-2-PB.pdf>

- Santamaria, (2021). *La Deforestación y su Incidencia en la Pérdida de Biodiversidad en el Bosque de Neblina Carpish-Huánuco*. Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Huánuco.
- Schwartz, (2015). La deforestación en el Perú. Lima. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/41277041/la_deforestacion_en_el_peru-with-cover-page-v2.pdf?Expi
- SIAC, (2019). Obtenido de <http://www.siac.gov.co/monitoreodesforestacion>
- Urquiza, (2016). *Incremento de la deforestación y sus consecuencias en la pérdida de biomasa en los bosques de la región Loreto, 2000-2014*. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos.
- Urquiza, V. (2020). *La degradación y deforestación del paisaje forestal en el Departamento de San Martín, Perú*. Universitat de Barcelona, Barcelona. Obtenido de http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/172163/1/TFM_Calderon_Urquiza_Ander
- Varela y Rusch, (2019). Bases para el manejo de bosques con ganadería en Patagonia Norte. Buenos Aires. Obtenido de <https://inta.gob.ar/documentos/bases-para-el-manejo-de-bosques-nativos-con-gan>
- Vásquez y Tapia, (2011). Cuantificación de la erosión hídrica superficial en las laderas semiáridas de la sierra peruana. *Revista Ingeniería UC*, 50.
- WWF, (2019). *2020 un nuevo acuerdo por la naturaleza y las personas*. Obtenido de https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/_1__newdeal_new_text_23_10_19_espanol_print_compressed.pdf

9 ANEXOS

Anexo A. Formato de aforo de Ríos y Quebradas

Nombre	Tinas	
Tipo	Quebrada	
Departamento	Amazonas	
Provincia	Rodríguez de Mendoza	
Distrito	Limabamba	
C.C.	Jalca grande	
Fecha de aforo	23.03.21	
Caudal	450 l/s	
Altitud	1850 msnm	
Coordenadas UTM	205997 m E	
	9289084 mN	



Nota. Equipo HC&A-2021

Anexo B. Fotos



Bosques naturales en la Cuenca alta del Shocol



Deforestación desde la ribera en la cuenca alta



Traslado de sedimentos y palizadas desde la cuenca alta



Pastizales en terrenos planos y de pendiente



Erosión de riberas en la cuenca media



Bosque ribereño en su estado natural en la cuenca media



Deslizamiento en masa de suelos deforestados en la cuenca alta



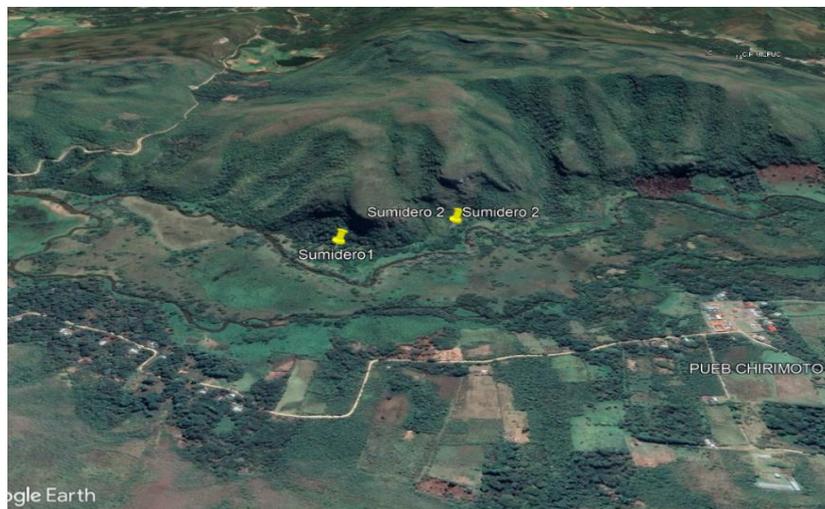
Pastizales en suelos de aptitud forestal y de protección



Retención de palizadas en la cuenca baja



Colmatación de riberas en la cuenca baja



Ubicación de sumideros en Milpuc



Sedimentos y palizadas acumulados en la cuenca baja



Pastizales inundados en la cuenca baja



Inundación en la zona de los sumideros Milpuc

Anexo C. Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE
Problema General	Objetivo General	Hipótesis general	Independiente
¿Cómo la deforestación del bosque natural impacta en la erosión hídrica de suelos en la cuenca Shocol?	Determinar los impactos de la deforestación de bosques naturales en la cuenca Shocol.	La deforestación del bosque natural tiene un alto impacto en la erosión hídrica de los suelos.	Deforestación de bosques naturales
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Dependiente
¿Cuál es la superficie de bosques naturales deforestados en la cuenca Shocol?	1) Determinar la superficie de bosques naturales deforestados en la cuenca Shocol.	1) La superficie de bosques naturales deforestados en la cuenca Shocol es alta	
¿Cuál es el volumen de sedimentos producidos por erosión hídrica superficial en la cuenca Shocol?	2) Estimar el volumen de sedimentos producidos por erosión hídrica superficial en la cuenca Shocol.	2) El volumen de sedimentos originados en la cuenca Shocol es alta.	
¿Cuáles son las zonas críticas de producción de sedimentos?	3) Identificar las zonas críticas de producción de sedimentos.	3) Las zonas críticas de producción de sedimentos son, los suelos de aptitud forestal y de protección deforestados	Erosión hídrica de los suelos
¿Cuál es el volumen de aguas producidas en la cuenca Shocol?	4) Determinar el volumen de agua producido en la cuenca Shocol	4) El volumen de agua producido en la cuenca Shocol es alta en invierno.	
¿Cuáles son los impactos de la deforestación y la erosión hídrica de suelos en la cuenca Shocol?	5) Identificar los impactos de la deforestación y la erosión hídrica de los suelos en la cuenca Shocol	5) La deforestación producida en la Cuenca Shocol, tiene impactos negativos que afectan a la población local	

Anexo D. Longitud de riberas expuestas a la erosión hídrica

N.º	Distrito	Margen derecha	Margen Izquierda	Total
		(m)	(m)	
1	Limabamba	9,098.10	9,607.80	18,705.90
2	Milpuc	562.80	297.00	859.80
3	Chirimoto	1,029.20	788.00	1,817.20
4	Tотора	64.40	390.70	455.10
TOTAL		10,754.50	11,083.50	21,838.00

Nota. Elaboración propia

Anexo E. Sumideros de la Cuenca Shocol

N.º.	Sumidero	Distrito	Coordenadas UTM	
			Este	Norte
1	Sumidero Milpuc 1	Milpuc	231481.476	9280910.181
2	Sumidero Milpuc 2	Milpuc	231519.301	9280717.606
3	Sumidero Milpuc 3	Milpuc	231383.167	9280510.846
4	Sumidero Chirimoto 4	Chirimoto	229181.963	9279528.643
5	Sumidero Chirimoto 5	Chirimoto	228977.236	9279415.468
6	Sumidero Chirimoto 6	Chirimoto	228890.376	9279364.387
7	Sumidero Chirimoto 7	Chirimoto	118744.549	9279344.531
8	Sumidero Chirimoto 8	Chirimoto	228703.868	9279345.6
9	Sumidero Chirimoto 9	Chirimoto	227964.332	9279113.505

Fuente: HC& Asociados S.R.L.