UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

Trabajo de Titulación – Modalidad Proyecto de Investigación

Titulo:

"Gestión Sostenible del Suelo en Pendientes: Estrategias Innovadoras para la Conservación y Productividad Agrícola"

Autores:

Quiñonez Sánchez Hilda Jamileth

Unidad Académica:

Extensión Chone

Carrera:

Agropecuaria 2022 AC

Tutor:

Ing. Oswaldo Vicente Mendoza Vélez Mg.

Enero, 2025

Chone-Manabí-Ecuador

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

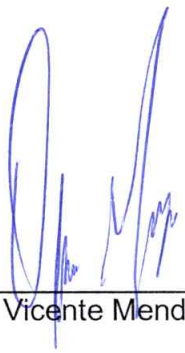
Ing. Oswaldo Vicente Mendoza Vélez Mg. docente de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Extensión Chone, en calidad de Tutor.

CERTIFICO:

Que el presente proyecto de investigación con el título: "Gestión sostenible del suelo en pendientes: estrategias innovadoras para la conservación y productividad agrícola" ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo, está listo para su presentación y apto para su defensa.

Las opciones y conceptos vertidos en este documento son fruto de la perseverancia y originalidad de su autora Quiñonez Sánchez Hilda Jamileth.

Siendo de su exclusiva responsabilidad.



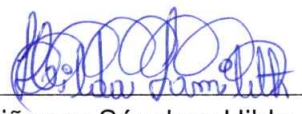
Ing. Oswaldo Vicente Mendoza Vélez Mg.

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quien suscribe la presente:

Yo, Quiñonez Sánchez Hilda Jamileth con cédula de ciudadanía 135170790-4 Estudiante de la Carrera de **Ingeniería Agropecuaria**, declaro bajo juramento que el presente proyecto de investigación cuyo título: "Gestión sostenible del suelo en pendientes: estrategias innovadoras para la conservación y productividad agrícola", previa a la obtención del Título de Ingeniera Agropecuaria, es de autoría propia y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros y consultando las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Quiñonez Sánchez Hilda Jamileth

C.I. 135170790 – 4

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto de investigación, titulado: "**Gestión sostenible del suelo en pendientes: estrategias innovadoras para la conservación y productividad agrícola**" de sus autores: **QUIÑONEZ SÁNCHEZ HILDA JAMILETH** de la Carrera "**Ingeniería Agropecuaria**", y como Tutor del Trabajo el **Ing. Oswaldo Vicente Mendoza Vélez Mg.**

Lcda. Rocío Bermúdez Cevallos, Mg.
DECANA

Ing. Oswaldo Vicente Mendoza Vélez Mg.
TUTOR

Ing. Juan Ramon Moreira Saltos, Mg.

Ing. Macario Jesús Figueroa Vélez, Mg.

Lcda. Indira Zambrano Cedeño, Mg.
SECRETARIA

AGRADECIMIENTO

Con gratitud infinita, quiero dedicar estas palabras a quienes hicieron posible la culminación de este proyecto y han sido pilares fundamentales en mi vida.

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fortaleza y la sabiduría necesarias para superar los retos que encontré en este camino.

A mi hija Amaia Rafaella quien, aunque pequeña, ha sido mi mayor inspiración y la razón por la cual nunca dejé de luchar. Su sonrisa, su presencia en mi vida, y el inmenso amor que me da son mi motor para seguir creciendo como persona y profesional. Este logro es para ella, con la esperanza de que algún día lo vea como un ejemplo de perseverancia.

A mí madre, quien con su amor incondicional, consejos y apoyo constante me ayudó a llegar hasta aquí. Cada uno de sus sacrificios ha sido un regalo invaluable que llevo en mi corazón.

Hilda Quiñonez Sánchez

DEDICATORIA

Dios, por ser mi guía, mi fuerza y mi refugio en cada paso de este camino.

A mi hija Amaia Rafaella, quien con su inocencia y amor incondicional ilumina mi vida y me inspira a seguir adelante. Este logro es para ti, mi pequeña, con la esperanza de que siempre creas en el poder de tus sueños.

A mi hermana, mi cómplice, mi apoyo incondicional y mi amiga de vida. Gracias por estar a mi lado en los momentos difíciles, por tus palabras de aliento, y por ser un pilar fundamental en mi vida. Tu ejemplo de amor, fortaleza y dedicación ha sido una inspiración constante.

A mi madre, por su sacrificio, amor y enseñanzas, que han sido la base de todo lo que soy.

A todos aquellos que de alguna manera formaron parte de este proceso, por sus contribuciones, grandes o pequeñas, que hicieron posible este logro.

Esta tesis es una muestra de que, con el apoyo de quienes amamos, todo es posible

Hilda Quiñonez Sánchez

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la influencia de la cobertura vegetal en la conservación y productividad agrícola, evaluando su impacto en variables clave como la temperatura, humedad, compactación del suelo, cobertura vegetal y erosión. Se utilizó pasto *Urochloa brizantha* como cobertura vegetal y un sistema de riego por aspersión para simular lluvias artificiales durante 90 días en condiciones de sequía, comparando parcelas con y sin cobertura vegetal. Los resultados mostraron que la cobertura vegetal es una técnica eficaz para mantener condiciones óptimas para los cultivos. En las parcelas con cobertura, la retención de humedad fue significativamente mayor (53% - 65%) en comparación con las parcelas sin cobertura (43% - 50%), lo que ayudó a mitigar los efectos de la sequía. Además, la cobertura redujo la evaporación y contribuyó a una mejor regulación térmica, favoreciendo un entorno más estable para las plantas. En cuanto a la estructura del suelo, la cobertura vegetal mejoró la porosidad, redujo la compactación (de 7 cm a 19 cm en profundidad de barrena) y promovió la infiltración de agua. La pérdida de suelo también disminuyó, evidenciando la efectividad de la cobertura en la prevención de la erosión. En contraste, las parcelas sin cobertura mostraron mayor escurrimiento superficial y menor capacidad de retención de agua, lo que dejó al suelo más vulnerable a la erosión. En conclusión, la cobertura vegetal con *Urochloa brizantha* es una técnica altamente beneficiosa para la conservación del suelo, favoreciendo la productividad agrícola y protegiendo el suelo de la erosión.

PALABRAS CLAVES

Cobertura vegetal, conservación del suelo, retención de humedad, erosión, productividad agrícola

ABSTRACT

The present study aimed to determine the influence of ground cover on agricultural conservation and productivity, evaluating its impact on key variables such as temperature, humidity, soil compaction, ground cover, and erosion. *Urochloa brizantha* grass was used as ground cover and a sprinkler irrigation system was employed to simulate artificial rains for 90 days under drought conditions, comparing plots with and without ground cover. The results showed that cover cropping is an effective technique for maintaining optimal conditions for crops. In the plots with cover, moisture retention was significantly higher (53% - 65%) compared to the plots without cover (43% - 50%), which helped mitigate the effects of drought. Moreover, the cover reduced evaporation and contributed to better thermal regulation, favoring a more stable environment for the plants. Regarding soil structure, the vegetation cover improved porosity, reduced compaction (from 7 cm to 19 cm in auger depth), and promoted water infiltration. Soil loss also decreased, demonstrating the effectiveness of the cover in preventing erosion. In contrast, the plots without cover showed greater surface runoff and lower water retention capacity, which left the soil more vulnerable to erosion. In conclusion, the use of *Urochloa brizantha* as ground cover is a highly beneficial technique for soil conservation, promoting agricultural productivity and protecting the soil from erosion.

KEYWORDS

Vegetative cover, soil conservation, moisture retention, erosion, agricultural productivity

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA II
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN III
AGRADECIMIENTO IV
DEDICATORIA V
RESUMEN VI
ABSTRACT VII
ÍNDICE VIII
ÍNDICE DE FIGURAS X
ÍNDICE DE TABLAS XI
ÍNDICE DE ANEXOS XII
INTRODUCCIÓN 1
1 CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO 4
1.1 Gestión sostenible del suelo 4
1.1.1 El Suelo 4
1.1.2 Conservación del Suelo 4
1.1.3 Introducción a la Gestión Sostenible del Suelo en Pendientes 5
1.1.4 Degradación del Suelo en Pendiente 5
1.1.5 Principales Causas 6
1.1.6 Erosión del Suelo 6
1.1.7 Pérdida de Estructura Física 9
1.2 Estrategias Innovadoras para la Conservación del Suelo 9
1.2.1 Cultivos de Cobertura: Concepto y Beneficios 9
1.2.2 Tipos de Cultivos de Cobertura Comúnmente Utilizados (leguminosas, gramíneas, crucíferas). 10
1.2.3 Beneficios de los Cultivos de Cobertura para la Conservación del Suelo 11
1.2.4 Impacto de los Cultivos de Cobertura en la Erosión del Suelo 12
1.2.5 Comparación de la Efectividad de los Cultivos de Cobertura con otras Técnicas de Control de la Erosión 13
1.2.6 Productividad Agrícola Asociada a los Cultivos de Cobertura 14

2 CAPÍTULO II: METODOLOGÍA 15
2.1 Ubicación del estudio 15
2.2 Descripción del área de estudio 15
2.3 Métodos 16
2.3.1 Método empírico 16
2.4 Variables a medir 17
2.4.1 Variables Ambientales 17
2.4.2 Variables Estructurales del Suelo 18
2.4.3 Variables de Erosión y Escorrentía 19
2.5 Análisis de los datos 19
2.6 Limitaciones 19
3 CAPÍTULO III: RESULTADOS Y/O PRODUCTO ALCANZADO 20
3.1 Variables Ambientales 20
3.2 Variables Estructurales del Suelo 21
3.3 Variables de Erosión y Escorrentía 22
4 CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 25
4.1 CONCLUSIONES 25
4.2 RECOMENDACIONES 25
5 BIBLIOGRAFÍAS 26
6 ANEXOS 30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Acción de erosión hídrica del suelo en pendiente..... 7

Figura 2. Ubicación satelital de la finca "Titito" en el sitio Narciso 15

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Medidas de las variables ambientales. 20

Tabla 2. Medidas de las variables estructurales del suelo. 21

Tabla 3. Variables de Erosión y Escorrentía. 22

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Selección del terreno en pendiente ubicado en la Finca "Titito" del sitio Narciso del cantón Chone. 31

Anexo 2. Acondicionamiento del terrano para las percelas. 31

Anexo 3. Siembra de cobertura (pasto) y colocación de material para tomar muestras de erosión. 32

Anexo 4. Crecimiento de la cobertura (pasto). 33

Anexo 5. Realización de las prácticas para la obtención de resultados. 34

INTRODUCCIÓN

El Ecuador se caracteriza por la gran variedad y la riqueza de sus recursos naturales, dentro de los cuales se puede destacar en particular la presencia de suelos volcánicos con un potencial agrícola elevado y una amplia gama de climas sobre distancias cortas. Muy temprano, el hombre supo aprovechar estas condiciones favorables y desarrollar una agricultura floreciente que se distingue por sus producciones de una notable diversidad donde alternan productos tropicales y de clima templado (Noni & Trujillo, 2010).

Según Arroyave (2002) dentro del Ecuador el principal y mayor problema que afecta la actividad agropecuaria en la provincia de Manabí, es el avanzado estado de deterioro del recurso "suelos" especialmente en aquellos terrenos ubicados en áreas de laderas, donde se encuentra establecida la mayor parte de la población agrícola-ganadera, en estos terrenos existen graves problemas de degradación de las tierras, debido a la deforestación, quemas y mal manejo de los suelos, el agua y los cultivos, que han determinado la disminución de su capacidad productiva, originando la pobreza rural e inseguridad social/alimentaria que caracteriza a esta zona.

La actividad agrícola es sin duda alguna la que degrada lo más intensivamente los suelos. A pesar de que el agricultor puede tener conciencia de los problemas erosivos, pero en general de manera superficial, no realiza obras de conservación eficaces. Es corriente escuchar de parte del agricultor que los elementos climáticos o la simple fatalidad son responsables de la erosión. Muy raras veces o casi nunca piensa en incriminar sus prácticas agrícola (Noni & Trujillo, 2010).

Algunos problemas asociados a la falta de cobertura de los suelos durante las primeras fases de los cultivos, particularmente en zonas montañosas, es el riesgo de erosión, el movimiento de nutrientes hacia horizontes más profundos del suelo y la reducción de la actividad biológica del suelo. En relación a estos problemas, los cultivos de coberturas se presentan como una alternativa favorable para una producción sustentable ya que aumenta la materia orgánica

del suelo, estos residuos mejoran las condiciones físicas, biológicas y químicas del suelo, y ayudan a mantener el complejo arcillo húmico que es el responsable para que los nutrientes se mantengan disponibles (Lucero, 2019).

Los estudios cuantitativos realizados en la Sierra por el Departamento de Suelos del MAG y el ORSTOM, sobre 7 parcelas de escurrimiento de 50 m2 de superficie, revelan que los pesos de tierra perdida por erosión son considerables. Por ejemplo, los resultados obtenidos sobre las parcelas de Alangasí e Llaló situadas a unos treinta kilómetros al este de Quito, fluctúan entre 200 a 500 toneladas de tierra perdida por hectárea y por año, para 1982. Son resultados elevados si se considera, entre otros, la siguiente lista de clases de pérdidas de suelo que elaboró la FAO en su "metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos" (Noni & Trujillo, 2010).

Cernigliaro (2023) realizó un proyecto donde analizó las estrategias ancestrales de manejo de suelos y aguas en América Tropical, con el objetivo de recopilar información sobre su relevancia y eficacia para la agricultura sostenible. La revisión de la literatura identificó diversas prácticas, como el cultivo intercalado, la rotación de cultivos, el uso de abonos orgánicos y los cultivos de cobertura, que no solo mejoran la productividad, sino que también contribuyen a la conservación del suelo y el agua. Se mapeó las comunidades que mantienen estas prácticas, evidenciando su efectividad en la sostenibilidad agrícola. Sin embargo, se identificaron desafíos para su adopción generalizada. El resultado del proyecto es un informe que destaca la importancia cultural, social y ambiental de estas estrategias, junto con recomendaciones para su integración en la agricultura moderna, promoviendo la sostenibilidad y conservación de recursos naturales.

El manejo y la conservación de los recursos suelo y agua han sido y son motivo de gran preocupación para la sostenibilidad del Planeta en cuanto a la soberanía alimentaria y el desarrollo de la vida en general, esto se remarca en los países en vías de desarrollo que presentan fuertes contrastes, como lo es el Ecuador. Las limitaciones en la recolección de los datos climatológicos, de suelo,

cobertura vegetal, entre otros; así como la aplicación de metodologías que se adapten a las realidades locales en cuanto a la medición de parámetros de calidad de agua y suelo, y la estimación de la erosión (Ochoa, 2015).

Con el objetivo de optimizar la gestión del suelo, se elaborará un plan integral que incluya estrategias de conservación específicas para terrenos en pendiente, como la implementación de cultivos de cobertura, lo cual permitirá explorar alternativas agrícolas que favorezcan la conservación del suelo y mejoren la productividad agrícola. Para alcanzar estos objetivos, se realizará una evaluación exhaustiva de las propiedades físicas del suelo, midiendo la erosión y la retención de humedad, elementos cruciales para comprender la influencia de la cobertura vegetal en la sostenibilidad y el rendimiento agrícola.

El trabajo se dividirá en cuatro capítulos: el Capítulo 1, donde se presenta el marco teórico con los conceptos y teorías relacionadas con la gestión y conservación del suelo; el Capítulo 2, que describe la metodología utilizada para recolectar y analizar los datos; el Capítulo 3, en el que se exponen los resultados obtenidos en cuanto a las propiedades físicas del suelo, erosión y retención de humedad; y finalmente, el Capítulo 4, que presenta las conclusiones del estudio y las recomendaciones para la implementación de estrategias agrícolas que contribuyan a la mejora de la productividad y sostenibilidad en terrenos en pendiente.

1 CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Gestión sostenible del suelo

1.1.1 El Suelo

El suelo es un cuerpo natural, distribuido como un continuo en el paisaje con variaciones determinadas por las condiciones lito-climáticas del sitio, el drenaje, la historia geomorfológica y el uso de la tierra; por ende, los suelos no son uniformes, sino más bien presentan una gran variación en el paisaje. El suelo constituye un sistema abierto, con entradas de tipo atmosféricas y salidas que pueden ser superficiales, en forma de escurrimiento y erosión. Por otro lado, en el cuerpo mismo del suelo se producen una serie de transformaciones que involucran la presencia de microorganismos, agua, raíces, intercambio de gases, descomposición y neoformaciones, entre muchos otros procesos (Cotler *et al.*, 2007).

Para Arias *at al.*, (2018) el suelo es una frágil alfombra que cubre la corteza del planeta y cuyo grosor oscila entre unos pocos centímetros y varios metros. Debe contener minerales (45%) producidos a partir de rocas (arenas, limos y arcillas), aire (25%), agua (25%) y materia orgánica (5%) procedente de la descomposición de restos vegetales, animales y microbianos. La formación del suelo es producto de la continua interacción de cinco factores principales: el clima, los organismos vivos, el relieve, el tiempo y la roca madre o material parental.

1.1.2 Conservación del Suelo

El deterioro del suelo afecta de distinta manera a la población rural y a la urbana por ser diferentes maneras de relacionarse con los recursos naturales, siendo mayor para la población que habita en las zonas rurales y que basa la mayor parte de su ingreso en las actividades agropecuarias. Estos efectos se incrementan si los campesinos son pobres y no tienen acceso a tecnología, créditos, u otros ingresos (Cotler *et al.*, 2007)

Para ello, también existe un amplio consenso que la conservación del suelo debe sustentarse principalmente en el uso de prácticas agronómicas (mulch, cultivos

de coberteras, barreras vivas, abonos verdes, rotación de cultivos) en el camino para establecer un manejo de tierras sustentable, mientras que las prácticas mecánicas juegan un rol suplementario, no siempre necesario (Cotler *et al.*, 2007)

1.1.3 Introducción a la Gestión Sostenible del Suelo en Pendientes

Manejo del Suelo, cuyo lema es la "gestión sostenible de suelos y aguas" cuenta con 118 resúmenes de trabajos recibidos de más de veinte instituciones de seis países diferentes. El actual congreso se centra en aspectos como la variabilidad espacial de las propiedades del suelo, la gestión de aguas y suelos en relación con indicadores biológicos, el control y la gestión de la erosión hídrica, los instrumentos para la evaluación de los recursos hídricos, la conservación y recuperación de aguas y suelos, los impactos del manejo de suelos y aguas, la calidad del suelo, la degradación y los aportes de carbono (García *et al.*, 2018).

Según Rivera *at al.*, (2020) la diversificación de cultivos integralmente vista como rotación y asociación de cultivos, consiste en alternar plantas de diferentes familias y con necesidades nutritivas diferentes en un mismo lugar durante distintos ciclos, evitando que el suelo se agote y que las enfermedades que afectan a un tipo de plantas se perpetúen en un tiempo determinado.

1.1.4 Degradación del Suelo en Pendiente

La degradación de la tierra es el proceso a través del cual disminuye la capacidad actual y potencial de la tierra y sus componentes, los cuales incluyen suelo, agua, bosques, sistemas agrícolas, entre otros, para producir bienes y servicios cuantitativa y cualitativamente. Su expresión más visible en el sector rural del Ecuador, es la pérdida del suelo derivada de las malas prácticas de manejo en la agricultura y ganadería, las que repercuten directamente sobre su producción misma, así como en las funciones ecosistémicas que este recurso brinda en conjunto con la vegetación, la fauna y el agua (Segarra, 2014).

La degradación del suelo, definida por Lal (1998), es la pérdida de su productividad y utilidad actual o potencial, que implica el desmejoramiento del suelo en su capacidad inherente para producir bienes y servicios y para realizar

sus funciones de regulación ambiental, particularmente dos de las funciones del suelo de concernimiento directo al bienestar de la humidad como son la productividad agrícola y la capacidad de regulación ambiental dependen de la calidad del suelo y de sus propiedades (López, 2002).

1.1.5 Principales Causas

Para Segarra, (2014), las principales causas de la degradación de la tierra y de la desertificación derivadas de las prácticas agroproductivas son:

- La deforestación de ecosistemas frágiles para la implantación de nuevos cultivos y/o pastizales.
- La excesiva labranza o mecanización de los suelos para la preparación del suelo en la siembra o para la cosecha de productos.
- La utilización del fuego para la limpieza del terreno y para la generación de rebrotes de pajonales.
- El sobrepastoreo.
- La siembra en zonas de laderas y a favor de la pendiente.
- El uso intensivo de agroquímicos.
- Deforestación de la cobertura vegetal en zonas de recarga hídrica y protección de cauces.
- El inadecuado manejo del riego.

1.1.6 Erosión del Suelo

En el Ecuador, como en cualquier parte del mundo, los factores climáticos, precipitaciones y viento, son creadores de la erosión; en tanto que las pendientes de los relieves, las características de las formaciones superficiales y suelos, así como los diferentes tipos de cobertura vegetal sobre los cuales el hombre puede tener un impacto erosivo determinante, condicionan la erosión. A pesar de que cada uno de estos factores tienen su importancia, para el caso del Ecuador, pondremos particular énfasis sobre el papel de los agentes climáticos y de la topografía, sin olvidar, evidentemente, la acción del hombre que contribuye a modificar las características protectoras de la vegetación natural (Noni & Trujillo, 2010).

1.1.6.1 La erosión hídrica

La erosión hídrica es una forma de desgaste que ocurre sobre las estructuras físicas que componen la capa superficial de la litósfera, este desgaste es ejercido por el agua en sus diversas formas de desplazamiento, movimiento o flujo. Aunque la erosión hídrica es un proceso natural, es acelerado por las actividades humanas con acciones como la deforestación y el mal manejo de la tierra fértil por parte del sector agrícola. La presencia de la vegetación natural contribuye con la reducción de la velocidad de la escorrentía y disminuye el efecto que tiene la erosión hídrica, mientras que su ausencia puede ser un indicador de la influencia de las actividades humanas (Zaragoza, 2021).

La "erosión de cauces", consiste en la eliminación directa de los sedimentos de cualquiera de las riberas de los ríos (erosión de flujo lateral o en eventos de inundación), o en el lecho mismo de los ríos. Los sedimentos también pueden ingresar en la corriente debido a los hundimientos en las riberas, socavadas por el flujo de canal. La mayoría de estos tipos de erosión descritos no se producen de forma aislada, sino más bien simultáneamente, y esto está influenciado principalmente por la forma del paisaje, así como por las características de las precipitaciones. Desafortunadamente, gran parte de los modelos de erosión hídrica tienden a predecir uno solo de estos tipos de erosión descritos, escorrentía, regueros, canales. Y el rendimiento total de una cuenca hidrográfica es la suma de todos los tipos de erosión presentes en la misma (Ochoa, 2015).

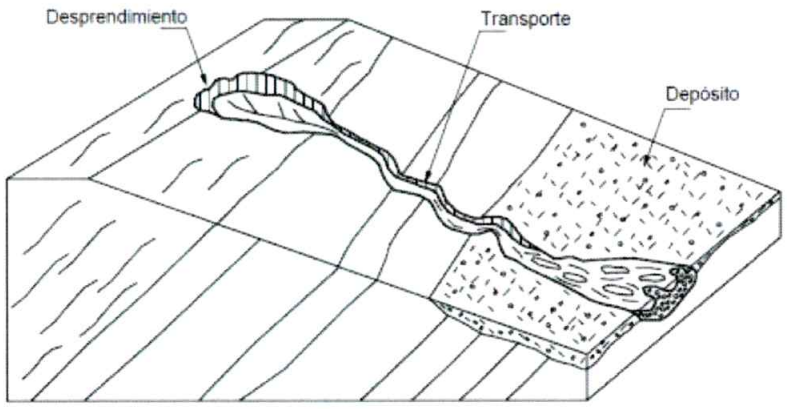


Figura 1. *Acción de erosión hídrica del suelo en pendiente.*
Fuente: (Ochoa, 2015)

1.1.6.2 La Erosión Eólica

El incremento de la erosión (eólica, hídrica), disminuye la capacidad productiva del suelo, ya sea por la pérdida de partículas, nutrientes o por la deposición de sedimentos que pueden afectar algunos procesos como el intercambio de gases entre el suelo y la troposfera. Estos impactos, se traducen en pérdidas económicas y elevados costos de recuperación del suelo, especialmente en países de desarrollo. La erosión eólica es un proceso que se da en regiones con precipitaciones pluviales inferiores a 200 mm anuales, ligada a la pérdida de productividad de suelos agrícolas (Miranda *et al.*, 2016).

1.1.6.3 Factores que Afectan la Erosión Eólica.

Según Lovelace, (2019) los factores que afectan a la erosión eólica son clima, suelo y vegetación. La topografía parece ser no muy importante, aunque la longitud de la superficie erosionable tiene gran influencia en el movimiento del suelo.

Clima

Los factores climáticos que tienen influencia en la erosión eólica son precipitación pluvial, temperatura y viento (humedad, viscosidad y densidad del aire). La distribución de la lluvia y su efecto en la humedad del suelo son de importancia básica en el movimiento. La evaporación y la transpiración son influenciadas por viento, humedad relativa y temperatura. Estos procesos disminuyen la humedad del suelo y que al secarse resulta más propenso a la erosión eólica. Las características del viento que afectan a la erosión eólica son: velocidad, duración, dirección y turbulencia.

Suelo

Los factores del suelo que son afectados por erosión eólica son textura, estructura y densidad de partículas, densidad aparente, materia orgánica, contenido de humedad y coeficiente de rugosidad. La rugosidad cambia en los sistemas de labranza y la formación de costras disminuye la rugosidad, pero tiende a reducirse el movimiento del suelo debido al viento.

Vegetación

Los factores de la vegetación que influyen en el proceso erosivo son altura y densidad de la cobertura, tipo de vegetación y distribución en el año. La presencia de raíces y residuos de cosecha son muy efectivos para reducir la erosión.

1.1.7 Pérdida de Estructura Física

La estructura del suelo es el estado del mismo, la cual resulta del análisis granulométrico de sus elementos constitutivos y de la manera como se hallan dispuestos. la evolución natural del suelo produce una estructura vertical estratificada la que se conoce como perfil, las capas que se observan se denominan horizontes y se diferencian entre sí por la dinámica interna del transporte vertical de los agregados (Rivera *et al.*, 2022). También dice que la estructura física del suelo es una propiedad que continuamente está cambiando, por interacción de los factores físicos químicos, biológicos Y antrópicos que se desarrollan en el mismo como son:

- Operaciones de labranza en tierra que generan el movimiento de masas de un lugar a otro, o también la introducción de sustancias orgánicas al recurso suelo.
- Acción mecánica ejercida por las raíces de los vegetales.
- Variación climática, entre los períodos secos y períodos húmedos.
- Acciones bioquímicas y coagulantes de ciertos iones como son el calcio, el óxido de hierro, el azufre, etc.

1.2 Estrategias Innovadoras para la Conservación del Suelo

1.2.1 Cultivos de Cobertura: Concepto y Beneficios

Los cultivos de cobertura se consideran hoy en día principalmente como una técnica de control de la erosión del agua a escala de ladera, pero es importante reconocer su papel para mejorar las propiedades del suelo, la biodiversidad y contribuir al valor del paisaje (Gómez, 2021).

Los cultivos de cobertura generalmente se plantan después de la cosecha de un cultivo principal temprano para mejorar la salud del suelo, ya que reducen la

erosión y las pérdidas causadas por la escorrentía, previenen la incursión de mala hierba y mejoran la fertilidad del suelo Los cultivos de cobertura proporcionan una excelente cubierta del suelo mientras no esté siendo utilizado para el cultivo principal. Esta cubierta del suelo lo protegerá de las pérdidas por erosión eólica e hídrica (viento y agua). La erosión del suelo a través de estas fuerzas causa la pérdida de partículas, tales como arcilla y materia orgánica, las cuales son muy importantes para mantener la fertilidad del suelo (Walia, 2022).

1.2.2 Tipos de Cultivos de Cobertura Comúnmente Utilizados (leguminosas, gramíneas, crucíferas).

Podemos clasificar cuatro estrategias principales para el cultivo de cobertura. Esta sección está redactada asumiendo que los cultivos de cobertura se establecen en los callejones de la plantación de árboles, donde el área bajo el dosel se mantuvo libre de vegetación (por métodos mecánicos o químicos). Esta es la forma más común de implementar los cultivos de cobertura en los cultivos arbóreos, aunque algunos agricultores también pueden implementar el cultivo de cobertura en toda la parcela (Gómez, 2021).

- Cultivo de cobertura permanente
- Cobertura temporal
- Alternar los cultivos de cobertura
- Cultivo de cobertura para abono verde o fumigación del suelo

1.2.2.1 Cultivo de cobertura permanente

Los agricultores y ganaderos utilizan a menudo cultivos perennes en las rotaciones de cultivos. Las mezclas de trébol, alfalfa y trébol-pasto son cultivos perfectos para aumentar la materia orgánica del suelo por dos razones: Capturan mucho carbono durante todo el año y, además, en esos campos no se labra cuando los cultivos están presentes (Grand, 2020).

1.2.2.2 Cobertura temporal

Las cubiertas vegetales que se han probado han sido: cebada y yeros como cubiertas anuales y que por tanto exigen de su instalación todos los años, Brachypodium distachyon y vegetación espontánea como cubiertas

permanentes, y por último, un mínimo laboreo el cual se reducía a un pase anual coincidiendo con la instalación de las cubiertas anuales y que por tanto permitía algo de crecimiento de vegetación (Gómez *et al.*, 2019).

1.2.2.3 Cultivo de cobertura para abono verde o fumigación del suelo

Se refiere al uso de cultivos, residuos de cultivos y restos vegetales con el objetivo de mantener y/o mejorar la calidad y salud de los suelos. Los residuos se pueden usar con diversos fines: cubrir la superficie del suelo (cultivos de cobertura), incrementar su fertilidad (abonos verdes), reciclar nutrientes (cultivos trampa). En esta publicación trataremos esencialmente sobre aquellos abonos verdes anuales, debido a las características de las rotaciones hortícolas, sin perjuicio de reconocer a los materiales plurianuales (Gilsanz, 2012)

1.2.3 Beneficios de los Cultivos de Cobertura para la Conservación del Suelo

1.2.3.1 Reducción de la Erosión

La inclusión de cultivos de cobertura en los sistemas de rotación agrícola o agrícola pastoriles es una herramienta muy efectiva para el manejo integrado de las malezas, siendo factores claves en la minimización de aplicaciones de agroquímicos. Esto ocurre, principalmente, por el efecto que logran en bajar la presión de malezas para el cultivo siguiente. Además, tienen un rol protagónico en la conservación del suelo, ya que logran su cobertura durante todo el año reduciendo en forma significativa las pérdidas de suelo por erosión hídrica (Grahmann *et al.*, 2020).

1.2.3.2 Aumento de la Materia Orgánica y Nutrientes del Suelo

Si se incrementa la materia orgánica del suelo, el impacto sobre las características físicas es significativo. La estabilidad de los agregados aumenta y, por lo tanto, la infiltración del agua, la capacidad de retención de agua, y la distribución de aire y agua se ven mejoradas. El aumento de los niveles de MOS, también provoca la reducción de la formación de costras y un mejor espaciado de los poros, aspectos que pueden ser comprobados fácilmente. Si la materia orgánica del suelo aumenta, se produce un incremento de la capacidad de

intercambio catiónico y, con ello, una mejor dinámica de los nutrientes. Las plantas, y por ende los agricultores, se benefician de niveles totales de nutrientes más elevados y de una movilización más rápida de los mismos para la disponibilidad de las plantas (Grand, 2020).

1.2.3.3 Promoción de la Biodiversidad del Suelo

Los CC son de interés en la agricultura ya que muchos de ellos promueven la sostenibilidad de los sistemas. Los productores eligen tipos específicos de CC sobre la base de sus propias necesidades y objetivos, y también según la influencia de los factores biológicos, ambientales, sociales, culturales y/o económicos del sistema alimentario en el que se los utilizan. Así, los CC se siembran con el objetivo de mejorar la fertilidad del suelo y calidad del agua, controlar malezas y plagas, a la vez que permiten incrementar la biodiversidad en sistemas de producción (Bertolotto & Marzetti, 2017).

1.2.4 Impacto de los Cultivos de Cobertura en la Erosión del Suelo

En Ecuador, donde la topografía es muy variada y las pendientes son comunes, los agricultores también están implementando cultivos de cobertura para proteger el suelo y mejorar la productividad agrícola.

1.2.4.1 Cultivos de Cobertura en Sistemas Agroforestales en la Sierra

La agroforestería es una de las pocas alternativas de uso del suelo que combina la producción de bienes y servicios con la conservación de los recursos naturales y la mejora de la calidad ambiental. Plantar sistemas agroforestales significa conservar el estado productivo de los suelos agrícolas o recuperar suelos degradados, incrementar la biodiversidad y facilitar los flujos o micro ciclos del agua dentro de los entornos de influencia, pero al mismo tiempo significa garantizar una producción sostenible y diversificada de alimentos en finca y la comunidad (Cabrera *et al.*, 2005).

1.2.4.2 Prácticas de Conservación del Suelo en Laderas de Cacao en la Amazonía

Los sistemas agroforestales en climas cálidos tienen varios elementos importantes, tales como; aportes constantes de biomasa -fertilidad de los suelos,

conservan la bioestructura de los suelos – grumos -, regulan la temperatura del cultivo evitando los extremos, ciertas especies reciclan y capturan nutrientes - como el nitrógeno y fósforo que aportan a la seguridad alimentaria de las familias. Estos sistemas tienen mayor resiliencia frente a cambios como temperaturas extremas altas o bajas, sequias y lluvias excesivas. Además, permiten una mayor captura de carbono y por tanto mitigación y adaptación al cambio climático (Torre, 2018).

1.2.4.3 Técnicas de Rotación de Cultivos en las Laderas de los Andes

Validación de opciones de rotación y asociación de cultivos con quinua orgánica. Esto permitirá consolidar a largo plazo la aptitud del suelo y de la finca para la producción orgánica. Estudiar diferentes rotaciones de cultivos, así como el uso de cultivos de relevo, intercalados y asociados, dentro de las mismas parcelas. Se debe trabajar con cultivos propios de la zona agroecológica de la quinua, especialmente con leguminosas como chocho, haba y arveja, y con tubérculos y raíces andinas como melloco, oca y zanahoria blanca (Jacobsen & Sherwood, 2002).

1.2.5 Comparación de la Efectividad de los Cultivos de Cobertura con otras Técnicas de Control de la Erosión

1.2.5.1 Cultivos de Cobertura

Se Los cultivos de cobertura (CC) son una herramienta agronómica ideal porque cumplen el doble rol de aportar C. Los CC son sembrados entre dos cultivos de cosecha y no son incorporados al suelo (a diferencia de los abonos verdes), pastoreados (a diferencia de los verdeos) o cosechados. Los residuos de los CC quedan en superficie, liberando los nutrientes contenidos en la biomasa vegetal al descomponerse. Los CC han sido utilizados tradicionalmente para controlar la erosión, pero pueden cumplir múltiples funciones en el sistema de producción (Ruffo & Parsons, 2004).

1.2.5.2 Terrazas y Estructuras de Retención de Suelo

Se muestra como las terrazas bien planificadas y correctamente construidas y conservadas, aprovechando los restos arqueológicos ancestrales pueden

disminuir considerablemente las pérdidas de suelo por erosión y generar beneficios económicos y medioambientales (Ramos, 2016).

1.2.5.3 Reforestación y Restauración de Ecosistemas

La reforestación es necesaria para mantener en buen estado el ambiente natural y los recursos que son esénciales e importantes para la vida, entre los cuales se pueden mencionar: el agua, el aire y el suelo. Además, dicha labor contribuye en brindar protección a otros elementos; por lo tanto, se debe aplicar en las áreas cercanas a las cuencas existentes y áreas protegidas como los parques nacionales. También se localizan sitios que requieren protección arbórea tales como: las orillas de los ríos, los ojos de agua, sitios de recarga acuífera y las microcuencas que abastecen las tomas de agua de los acueductos rurales, sitios con pendientes muy fuertes que no permiten desarrollar otras actividades (Molina, 2019).

1.2.6 Productividad Agrícola Asociada a los Cultivos de Cobertura

Los cultivos de cobertura (CC) son una herramienta agronómica ideal porque cumplen el doble rol de aportar C. Los CC son sembrados entre dos cultivos de cosecha y no son incorporados al suelo (a diferencia de los abonos verdes), pastoreados (a diferencia de los verdeos) o cosechados. Los residuos de los CC quedan en superficie, liberando los nutrientes contenidos en la biomasa vegetal al descomponerse. Los CC han sido utilizados tradicionalmente para controlar la erosión, pero pueden cumplir múltiples funciones en el sistema de producción (Ruffo & Parsons, 2004).

2 CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1 Ubicación del estudio

La investigación de campo se llevó a cabo en la Finca "Titito" ubicada en el sitio Narciso del cantón Chone. Esta finca ofrece un entorno ideal para estudiar y desarrollar estrategias innovadoras para el manejo de suelos en pendientes, con el fin de mejorar la conservación y productividad agrícola.

Coordenadas: 0°44'17.9"S 80°04'29.0"W

Longitud: -80.0747310

Latitud: -0.7383040

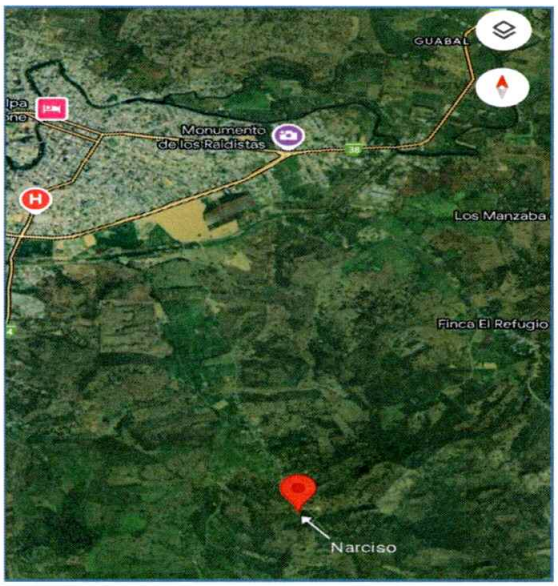


Figura 2. *Ubicación satelital de la finca "Titito" en el sitio Narciso*

Fuente: (Google Earth 2025)

2.2 Descripción del área de estudio

Se acondicionaron dos parcelas de 48 m^2 (6m x 8m) cada una en pendientes.

T0 = Parcela en pendiente sin cobertura

T1 = Parcela en pendiente con cobertura

Las condiciones experimentales consistieron en seleccionar dos áreas con características similares en cuanto a tipo de suelo y clima. Además, se midieron la erosión del suelo y la retención de agua durante una temporada de sequía, en la cual se simuló lluvia utilizando un sistema de riego por aspersión para replicar las condiciones de precipitaciones en el terreno.

2.3 Métodos

2.3.1 Método empírico

El método empírico es un enfoque de investigación basado en la observación directa, la experiencia práctica y la experimentación. A diferencia de otros métodos que se basan principalmente en la teoría o en suposiciones abstractas, el método empírico se enfoca en recopilar datos y hechos reales a través de los sentidos o de la experiencia. Este método se utiliza ampliamente en las ciencias naturales y sociales para obtener conocimiento que sea verificable y reproducible, es decir, que pueda ser observado y medido por otras personas de manera consistente.

En el estudio de diversas variables del suelo y la vegetación, se aplicaron métodos empíricos para obtener datos a través de la observación y experimentación directa. Para medir la temperatura del suelo, se utilizó una botella térmica enterrada que se dejó varias horas y luego se midió la temperatura del agua. La humedad del suelo se determinó mediante el método gravimétrico, secando una muestra de suelo y calculando la diferencia de peso. La compactación se evaluó usando un barreno para medir la resistencia del suelo. Para la cobertura vegetal, se utilizó un cuadrante para estimar el porcentaje de especies en el área. La altura de la vegetación se midió con una cinta métrica en varios puntos de la parcela. En cuanto a la erosión y escorrentía, se recogieron los sedimentos en un recolector tras las lluvias y se pesaron. Finalmente, la velocidad de decendencia del agua se midió cronometrando el tiempo que tarda el agua en recorrer la pendiente.

2.4 Variables a medir

2.4.1 Variables Ambientales

- **Temperatura del suelo**

Para medir esta variable se usó la técnica de la botella térmica cuyo proceso consistió en enterrar una botella transparente o de plástico, llena de agua a temperatura ambiente, en el suelo a una profundidad específica, generalmente a pocos centímetros (5 a 10 centímetros). La botella se dejó durante varias horas para que el agua se estabilizara a la temperatura del suelo circundante. Después de este tiempo de exposición, se extrajo la botella y se midió la temperatura del agua con un termómetro de mercurio, lo que proporcionó una aproximación de la temperatura del suelo en ese momento y a esa profundidad

- **Humedad del suelo**

Para medir esta variable se usó el método gravimétrico donde se extrajo 100 gramos de suelo de la zona a medir y se pesó en su estado natural, con humedad. Luego, la muestra se colocó en un horno a baja temperatura (aproximadamente 105°C) durante 24 horas hasta que el suelo estuvo completamente seco. Después de enfriarla, se pesó nuevamente la muestra. La humedad del suelo se calculó utilizando la fórmula correspondiente, que comparaba el peso inicial con el peso final.

Fórmula:

$$W = \frac{Psh - Pss}{Pss} * 100$$

Donde:

W: Humedad del suelo

Psh: Peso del suelo húmedo

Pss: Peso del suelo seco

2.4.2 Variables Estructurales del Suelo

- **Compactación del suelo**

Se usó el método de penetración de barreno para medir la compactación del suelo, se seleccionó un área representativa y se preparó el barreno. Luego, se insertó y giró el barreno en el suelo, evaluando la resistencia: una penetración fácil indicaba baja compactación y mayor resistencia, mayor compactación. Se midió la profundidad alcanzada y el esfuerzo necesario para penetrar, repitiendo el proceso en varios puntos para obtener una evaluación precisa de la compactación.

- **Cobertura vegetal**

Se usó el método del cuadrante donde se muestreo de la cobertura vegetal utilizando un cuadrante de 1x1 metro, distribuido aleatoriamente en el área de estudio. Dentro de cada cuadrante, se identificó la especie presente y se estimó su cobertura porcentual. El proceso se repitió en varios puntos del área, y luego se calculó el promedio de cobertura para la especie en toda la zona. Finalmente, se analizaron los resultados para evaluar la distribución y dominancia de la especie.

- **Altura de la vegetación**

Para medir esta variable se realizó el método directo de medición de altura vegetal el cual consistió en la selección de la parcela representativa y se dividió en puntos de muestreo, los cuales fueron distribuidos aleatoriamente o sistemáticamente. Luego, se colocó una cinta métrica verticalmente en cada punto, midiendo la altura del pasto más alto presente. Se repitió la medición en varios puntos de la parcela y se registraron las alturas obtenidas. Finalmente, se calculó el promedio de las alturas medidas para obtener una estimación representativa de la altura vegetal en toda la parcela.

2.4.3 Variables de Erosión y Escorrentía

- **Pérdida de suelo por erosión**

El método para medir esta variable fue el método de recolectores de erosión, en este se seleccionó una pendiente representativa y se colocó una lámina de plástico en la parte baja de la pendiente, asegurándola para evitar movimientos. Durante los eventos de lluvia o escurrimiento, el agua arrastró sedimentos que se acumularon en el plástico. Después de cada simulación de lluvia, se recogió el sedimento recolectado, midiendo su cantidad en peso o volumen con una gramera. Se registraron los datos obtenidos y se repitió el proceso cada 15 días.

- **Velocidad de decendencia del agua**

Para medir la velocidad de decendencia del agua se usó el método de seguimiento del flujo de agua donde se midió con un cronómetro la velocidad que tarda el agua el llegar al final de la pendiente.

2.5 Análisis de los datos

Para obtener los resultados se separaron los datos de cada parcela (variables ambientales, variables estructurales del suelo y variables de erosión y escorrentía).

2.6 Limitaciones

El principal problema de la ejecución del estudio fue la ausencia de precipitaciones ya que se realizó en temporada de verano de junio a noviembre del 2024 (temporada seca).

3 CAPÍTULO III: RESULTADOS Y/O PRODUCTO ALCANZADO

Este estudio evaluó los efectos del manejo del suelo en pendientes, con y sin técnicas de conservación, sobre la temperatura, humedad, compactación del suelo, cobertura vegetal y erosión, usando un sistema de riego por aspersión para simular lluvia artificial. Durante 90 días en condiciones de sequía, se analizó la erosión y la velocidad de descenso del agua. Las prácticas de conservación, como la cobertura con pasto, mostraron un impacto positivo en la retención de humedad y la regulación térmica del suelo en comparación con la ausencia de estas técnicas.

3.1 Variables Ambientales

Tabla 1. *Medidas de las variables ambientales.*

Parcela con cobertura		
Días	**Temperatura promedio del Suelo (°C)**	**Humedad del Suelo (%)**
0-15	26	0-25
15-30	25	25-27
30-45	24	27-34
45-60	22	34-46
60-75	21	46-53
75-90	21	53-65
Parcela sin cobertura		
Días	**Temperatura promedio del Suelo (°C)**	**Humedad del Suelo (%)**
0-15	26	0-25
15-30	26	25-27
30-45	25	27-30
45-60	25	30-37
60-75	25	37-43
75-90	24	43-50

Autora: (Quiñonez, 2024)

Los resultados del experimento representados en la **Tabla 1**, los resultados muestran que la parcela con cobertura vegetal experimentó una mayor eficiencia en la conservación de la humedad y la regulación de la temperatura del suelo.

La temperatura del suelo disminuyó progresivamente debido al aumento de la humedad, favorecida por el riego diario que simuló la lluvia artificial. La cobertura vegetal ayudó a reducir la evaporación, permitiendo que la humedad se mantuviera constante durante el período de sequía, lo que resultó en un aumento significativo de la humedad del suelo, alcanzando entre 53% y 65% al final del estudio. Esta práctica de conservación demostró ser eficaz en mitigar los efectos de la sequía.

Por otro lado, en la parcela sin cobertura, la temperatura también disminuyó gradualmente, aunque en menor medida. La humedad del suelo aumentó de forma progresiva gracias al riego, alcanzando entre 43% y 50% al final del período. Sin embargo, la falta de cobertura vegetal permitió una mayor evaporación, lo que podría haber afectado la eficiencia en la retención de humedad, a pesar de la alta capacidad de retención de agua del suelo franco arcilloso. En general, los resultados destacan que la cobertura vegetal como técnica de conservación mejora la retención de humedad y contribuye a una regulación térmica más eficiente, especialmente en condiciones de sequía.

3.2 Variables Estructurales del Suelo

Tabla 2. *Medidas de las variables estructurales del suelo.*

Parcela con cobertura			
Días	**Compactación del Suelo (Cm)**	**Cobertura Vegetal (%)**	**Altura de la Vegetación (Cm)**
0-15	7	0%	0
15-30	7	15%	5
30-45	10	25%	12
45-60	13	50%	25
60-75	15	65%	48
75-90	19	80%	60
Parcela sin cobertura			
Días	**Compactación del Suelo (Cm)**	**Cobertura Vegetal (%)**	**Altura de la Vegetación (Cm)**
0-15	7	0%	0
15-30	7	0%	0
30-45	9	0%	0

45-60	10	0%	0
60-75	12	0%	0
75-90	14	0%	0

Autora: (Quiñonez, 2024)

Como se muestra en la **Tabla 2**, en la parcela con cobertura vegetal, el uso de riego diario simulando lluvia artificial mejoró significativamente la estructura del suelo, la compactación y el crecimiento de la vegetación. La humedad del suelo se mantuvo constante, favoreciendo la mejora en la porosidad del suelo, lo que se reflejó en una reducción de la compactación de 7 cm a 19 cm en la profundidad de barrena. La cobertura vegetal aumentó al 80%, lo que ayudó a prevenir la erosión y promovió la infiltración del agua, mientras que la altura del pasto creció de 0 cm a 60 cm, mostrando un desarrollo saludable incluso en condiciones de sequía.

Por otro lado, en la parcela sin cobertura, aunque también se aplicó riego diario, la capacidad de retención de agua fue limitada y no se observó un cambio significativo en la compactación del suelo, que pasó de 7 cm a 14 cm en la profundidad de barrena. La ausencia de cobertura vegetal impidió el crecimiento de la vegetación y dejó el suelo más vulnerable a la erosión, ya que no se generó una barrera que ayudara a retener el agua y reducir el escurrimiento. Estos resultados destacan la importancia de la cobertura vegetal como técnica de conservación del suelo para mejorar la estructura, mantener la humedad y fomentar el crecimiento vegetal en condiciones de sequía.

3.3 Variables de Erosión y Escorrentía

Tabla 3. *Variables de Erosión y Escorrentía.*

Parcela con cobertura		
Días	**Erosión (Gramos)**	**Velocidad de Decendencia del Agua**
0-15	281	2:08:33
15-30	273	2:15:28
30-45	262	2:43:53
45-60	251	3:24:35
60-75	237	3:58:12

75-90	225	4:58:12
Parcela sin cobertura		
Días	**Erosión (Gramos)**	**Velocidad de Decendencia del Agua**
0-15	281	2:08:33
15-30	281	2:12:28
30-45	279	2:13:58
45-60	278	2:14:20
60-75	278	2:16:53
75-90	276	2:17:57

Autora: (Quiñonez, 2024)

Los resultados obtenidos en la **Tabla 3**, de la parcela con cobertura muestran una disminución progresiva en la pérdida de suelo a lo largo del tiempo, pasando de 281 g en los primeros 15 días a 225 g en los últimos 15 días. Esto sugiere que la vegetación actúa como una barrera protectora, reduciendo la erosión del suelo a medida que el tiempo avanza. Además, la velocidad de descenso del agua aumenta considerablemente entre los días 0-15 en 2:08:33 (hora/minuto/segundo) y 75-90 en 4:58:12 (hora/minuto/segundo), lo que indica que la cobertura mejora la retención de agua en el suelo, reduciendo el escurrimiento superficial y favoreciendo una infiltración más lenta y eficiente. Este comportamiento es beneficioso tanto para la conservación del suelo como para la absorción gradual de agua, lo que promueve un entorno más estable y sostenible para las plantas.

Por otro lado, en la parcela sin cobertura, la pérdida de suelo se mantiene relativamente constante a lo largo del tiempo, con una leve disminución hacia los últimos días, lo que refleja la mayor vulnerabilidad del suelo a la erosión debido a la falta de protección vegetal. La velocidad de descenso del agua, aunque aumenta ligeramente de 2:08:33 (hora/minuto/segundo) a 2:17:57 (hora/minuto/segundo) , indica una menor capacidad de retención de agua en el suelo, lo que lleva a un mayor escurrimiento superficial y, por ende, mayor erosión.

En comparación, la parcela sin cobertura presenta un comportamiento menos favorable para la conservación del suelo y la retención de agua, haciendo que la opción con cobertura resulte más eficaz en la prevención de la erosión y en la mejora de la capacidad de absorción del agua en el terreno

4 CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Las parcelas con cobertura vegetal mostraron una retención de humedad significativamente mayor (53% - 65%) en comparación con las parcelas sin cobertura (43% - 50%), además de una mejor regulación térmica, lo que demuestra que las técnicas de conservación, como el uso de pasto, son efectivas para mitigar los efectos de la sequía.

El uso de cobertura vegetal no solo ayudó a reducir la compactación del suelo (de 7 cm a 19 cm en profundidad de barrena) y mejorar la porosidad, sino que también contribuyó a la estabilización del suelo al reducir la erosión, con una disminución en la pérdida de suelo, pasando de 281 g a 225 g a lo largo del estudio.

En las parcelas con cobertura vegetal, la velocidad de descenso del agua aumentó significativamente con el tiempo, lo que indica una mejor capacidad de retención de agua y mayor eficiencia en la infiltración. En contraste, la parcela sin cobertura mostró un mayor escurrimiento superficial y menor retención de agua, lo que generó un terreno más vulnerable a la erosión.

4.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda aplicar técnicas como la cobertura con pasto en suelos en pendiente para mejorar la retención de humedad, reducir la evaporación y regular la temperatura del suelo, especialmente en áreas afectadas por la sequía.

El riego diario que simula la lluvia artificial mostró ser beneficioso para mantener la humedad del suelo en condiciones de sequía. Se sugiere adoptar prácticas de riego controlado para optimizar la conservación del agua y mejorar la infiltración en suelos susceptibles a la erosión.

Es importante realizar un seguimiento regular de la compactación y erosión en áreas sin cobertura vegetal para implementar medidas correctivas, como la siembra de vegetación, que ayuden a reducir la vulnerabilidad del suelo y a mejorar su capacidad para retener agua y resistir la erosión.

5 BIBLIOGRAFÍAS

Arias, N. M., Rangel, M. d., López, I. C., Sánchez, E. C., & Cruz, J. M. (2018). *El suelo y su multifuncionalidad: ¿qué ocurre ahí abajo?* Obtenido de https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/10692/8990

Arroyave, J. (2002). *Practica adecuadas para la conservación de suelos y agua en terrenos de laderas en Manabí Ecuador.* Obtenido de https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1312/1/INIAP%20Laderas%20en%20Manab%c3%ad.pdf

Bertolotto, M., & Marzetti, M. (Septiembre de 2017). *Manejo de malezas problema: Cultivos de cobertura.* Obtenido de https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/desarrollo-foresto-industrial/silvicultura/_archivos2/000000-Cultivos%20de%20cobertura.pdf

Cabrera, C. N., Veintimilla, R. R., & Rosales, J. G. (2005). *Sistemas agroforestales aplicables en la Sierra ecuatoriana: Resultados de una década de experiencias de campo.* Obtenido de https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3385/1/iniapscbt122.pdf

Carranza, M., Aragundi, L., Macias, K., Paredes, E., & Villegas, A. (2024). *Conservación y Manejo Sostenible del Suelo en la Agricultura: Una Revisión Sistemática de Prácticas Tradicionales y Modernas.* Obtenido de https://revistacodigocientifico.itslosandes.net/index.php/1/article/download/303/704/926

Cernigliaro, M. (2023). *Estrategias ancestrales de manejo de suelos y aguas utilizadas por agricultores de América Tropical.* Obtenido de http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/14873/E-UTB-FACIAG-AGRON-000084.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cotler, H., Sotelo, E., Dominguez, J., Zorrilla, M., Cortina, S., & Quiñones, L. (2007). *La conservación de suelos: un asunto de interés público.* Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/539/53908302.pdf

García, A., Vidal, E., Lado, M., Días, R., Mirás, J., & Paz, A. (25 de Junio de 2018). *Gestión Sostenible de Suelos y Aguas.* Obtenido de https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/20796/Paz%20Antonio_2018_VIII%20Congreso%20sobre%20uso%20y%20manejo%20el%20suelo.pdf?sequence=8&isAllowed=y

Gilsanz, J. C. (2012). *Abonos verde en la producción hortícola: Uso y manejo.* Obtenido de http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2548/1/18429180912091518.pdf

Gómez, J. (2021). *Cultivos de cobertura bajo cultivos arbóreos.* Obtenido de https://digital.csic.es/bitstream/10261/250542/7/4_BMP_CubiertasLe%C3%B1osos-31-40.pdf

Gómez, J., Soriano, A., Bienes, R., López, M., & Mora, J. (4 de Junio de 2019). *Jornadas sobre uso de cubiertas vegetales y otra vegetación para el control de la erosión y otros servicios ecosistémicos en cultivos leñosos. proyecto INTCOVER.* Obtenido de https://digital.csic.es/bitstream/10261/184360/1/Jornadas%20cubiertas%20vegetales_CSIC_04062019_01.pdf

Grahmann, K., Quincke, A., Barolín, E., & Ciganda, V. (Marzo de 2020). *Cultivos de cobertura: reducción de la erosión y aportes a la nutrición del suelo El caso de la mezcla de centeno (Secale cereale) con Vicia Villosa.* Obtenido de https://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/Rev-INIA-60-Marzo-2020-p-71-74.pdf

Grand, A. (2020). *Materia Orgánica del Suelo.* Obtenido de https://orgprints.org/id/eprint/43417/7/MATERIA%20ORGA%CC%81NICA%20DEL%20SUELO.pdf

Jacobsen, E., & Sherwood, S. (Junio de 2002). *Cultivo de granos andinos en Ecuador.* Obtenido de https://urkuwayku.com/wp-content/uploads/2021/09/Cultivo-de-granos-andinos-en-Ecuador-2002.pdf

López, R. (2002). *Degradación del suelo: causas, procesos, evaluación e investigación.* Obtenido de http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/degradacion/pfd/librocompleto.pdf

Lovelace, H. (2019). *Erosión Eólica.* Obtenido de https://www.academia.edu/29500680/Erosi%C3%B3n_E%C3%B3lica#:~:text=Es%20la%20remoci%C3%B3n%20del%20suelo,usando%20el%20t%C3%BAnel%20del%20viento.

Lucero, G. (2019). *Efecto de tres coberturas vegetales en el desarrollo y rendimiento del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) var. Great Lakes 366.* Obtenido de https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31819/1/TRABAJO%20DE%20TITULACION.pdf

Miranda, R., Calderon, S., & Cadena, F. (2016). *Erosión Eólica En Zonas Productoras De Quinua En El Altiplano Boliviano.* Obtenido de https://n9.cl/rgn8qr

Molina, Y. (2019). *La Reforestación como Estrategia Ambiental para la Conservación de ríos y quebradas.* Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7036563.pdf

Noni, G. D., & Trujillo, G. (2010). *Degradación del suelo en el Ecuador.* Obtenido de https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/cc-2010/26531.pdf

Ochoa, P. (2015). *Manejo y conservación del suelo y agua en los andes del sur de ecuador.* Obtenido de https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/11961/TD_OCHOA_CUEVA_Pablo_Alejandro.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ramos, J. (Septiembre de 2016). *Las terrazas: Técnica para evitar la erosión y conservar suelos productivos.* Obtenido de https://n9.cl/3k416

Rivera, M. Á., Altamirano, J. P., Barahona, W. E., & Costales, J. H. (2022). *Suelos: caracterización e importancia.* Obtenido de

http://cimogsys.espoch.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2023-01-18-140934-L2022-031.pdf

Rivera, M., Estrada, J., Quiñonez, R., & García, R. (2020). *Interrelación entre el desarrollo sostenible y la diversificación de cultivos mediante el modelo integrador de dimensiones en el cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas, República del Ecuador.* Obtenido de https://www.revistaespacios.com/a20v41n19/a20v41n19p18.pdf

Ruffo, M., & Parsons, A. (Marzo de 2004). *Cultivos de Cobertura en Sistemas Agrícolas.* Obtenido de http://ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/B7943BF2B6036328852579990060EBB9/$FILE/Cultivo%20Cobertura-Matias%20Ruffo.pdf

Segarra, P. (2014). *Sinergias entre Degradación de la Tierra y Cambio Climático en los Paisajes Agrarios del Ecuador.* Obtenido de https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/57189.pdf

Torre, J. d. (Agosto de 2018). Obtenido de https://info.napo.gob.ec/wp-content/uploads/2022/06/Manual-Practicas-Agroecologicas-y-proc-transicion.pdf

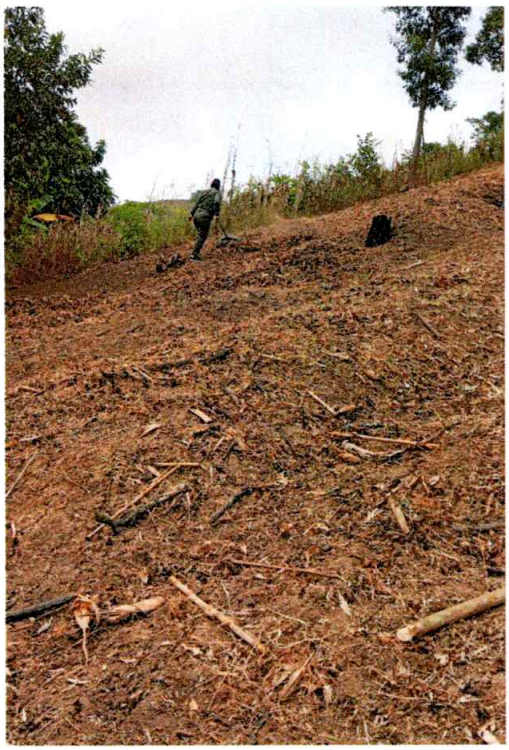
Walia, M. K. (2022). *Beneficios de los Cultivos de Cobertura.* Obtenido de https://naes.agnt.unr.edu/PMS/Pubs/2022-4830.pdf

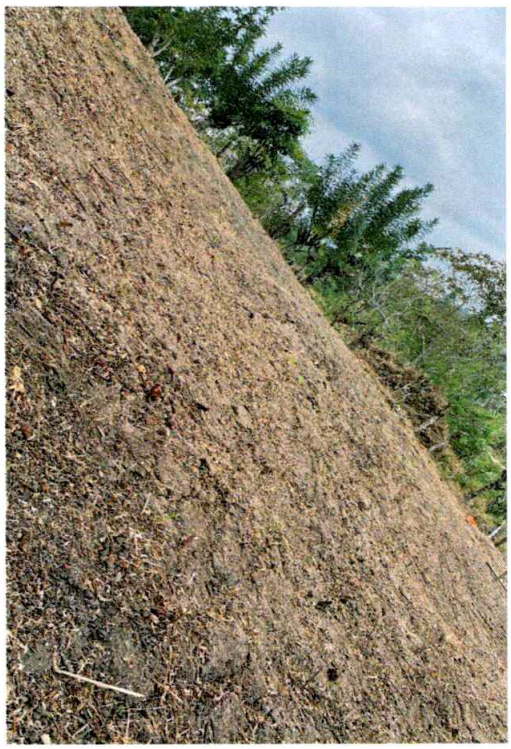
Zaragoza, E. (2021). *Análisis multitemporal de la cobertura del terreno y su asociación con las tasas de erosión hídrica en Acoculco, Puebla.* Obtenido de https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/3597/1/tesis_Edgar%20Daniel%20Zaragoza%20Pulido_23%20ago%202021.pdf

ANEXOS

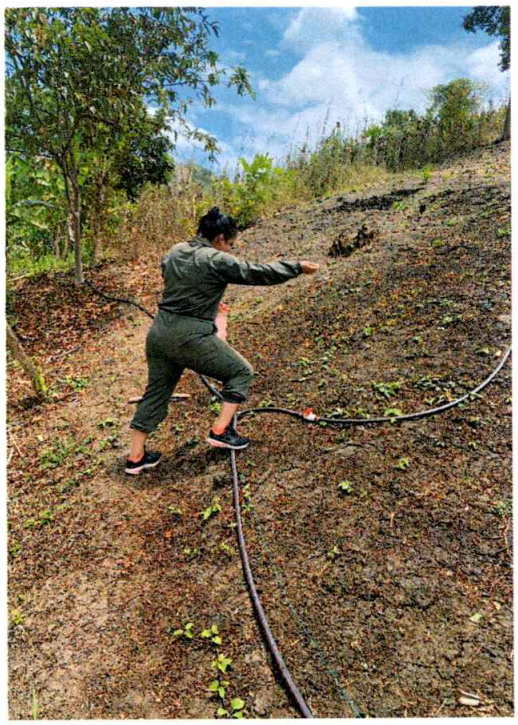
Anexo 1. *Selección del terreno en pendiente ubicado en la Finca "Titito" del sitio Narciso del cantón Chone.*

Anexo 2. *Acondicionamiento del terrano para las percelas.*

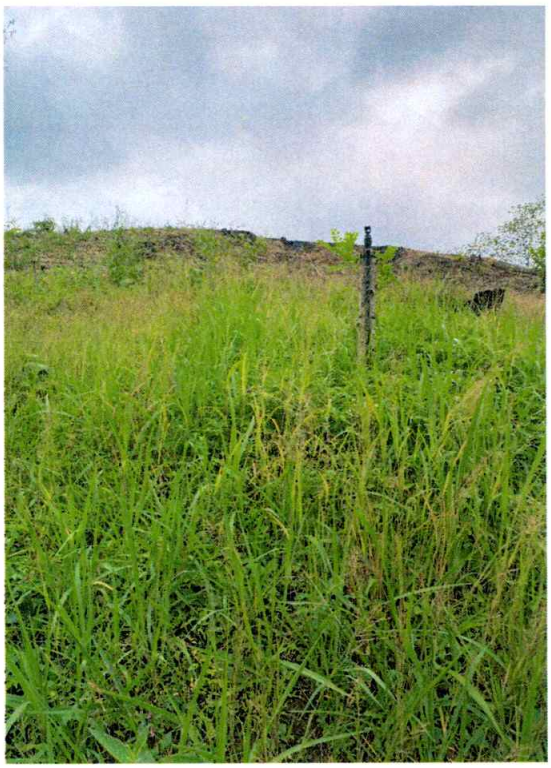




Anexo 3. *Siembra de cobertura (pasto) y colocación de material para tomar muestras de erosión.*



Anexo 4. *Crecimiento de la cobertura (pasto).*



Anexo 5. *Realización de las prácticas para la obtención de resultados.*