



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA
CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter complejo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

Problemática de los procesos erosivos de suelos de la Región Andina del Ecuador.

AUTOR:

Ángel Adrián Santos Morán

TUTOR:

Ing. Agr. Marlon Víctor Hugo Pazos Roldan, M.Sc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2024

RESUMEN

En el estudio realizado se basó en el objetivo planteado, establecer la problemática vigente de los procesos erosivos de la región andina ecuatoriana. En la cual se estableció como metodología se desarrolló a través de la recopilación de todo tipo de información, realizando una detallada investigación en las distintas páginas web de libre acceso, artículos científicos, tesis de grado, fuentes y documentaciones bibliográficas disponibles en distintas plataformas digitales. En resultados, se han identificado múltiples elementos que inciden en este fenómeno, las prácticas agrícolas no sostenibles, como la deforestación para la expansión de cultivos, han llevado a una pérdida significativa de la cobertura vegetal que normalmente protege el suelo de la erosión, además, las pendientes pronunciadas presentes en la topografía andina aumentan la susceptibilidad a la erosión hídrica, especialmente durante eventos climáticos extremos, lo que resulta en la pérdida de la capa fértil del suelo. En conclusión, se ha logrado establecer de manera clara y detallada la problemática actual de los procesos erosivos en la región andina ecuatoriana, se revela que la magnitud de esta problemática, destacando la importancia de abordarla de manera urgente para preservar la calidad del suelo y garantizar la sostenibilidad de las actividades agrícolas y ambientales en la región. En recomendación, implementar medidas inmediatas de conservación del suelo, estas medidas podrían incluir la aplicación de técnicas de reforestación en áreas críticas, la construcción de estructuras de retención de agua y suelo.

Palabras Clave: Degradación, Vulnerabilidad, Barreras, Superficial, Salinización, Agroforestería.

SUMMARY

The study carried out was based on the stated objective, to establish the current problem of erosive processes in the Ecuadorian Andean region. In which the methodology was developed through the compilation of all types of information, carrying out detailed research on the different free access web pages, scientific articles, degree theses, sources and bibliographic documentation available on different digital platforms. In results, multiple elements have been identified that affect this phenomenon, unsustainable agricultural practices, such as deforestation for the expansion of crops, have led to a significant loss of the vegetation cover that normally protects the soil from erosion, in addition, the steep slopes present in the Andean topography increase susceptibility to water erosion, especially during extreme weather events, resulting in the loss of the fertile soil layer. In conclusion, it has been possible to establish in a clear and detailed manner the current problem of erosive processes in the Ecuadorian Andean region, it is revealed that the magnitude of this problem, highlighting the importance of addressing it urgently to preserve the quality of the soil and guarantee. The sustainability of agricultural and environmental activities in the region. In recommendation, implement immediate soil conservation measures, these measures could include the application of reforestation techniques in critical areas, the construction of water and soil retention structures.

Keywords: Degradation, Vulnerability, Barriers, Surface, Salinization, Agroforestry.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
I. CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Línea de investigación	4
II. DESARROLLO	5
2.1 Marco Conceptual	5
2.1.1 Erosión	5
2.1.2 Erosión Hídrica.....	6
2.1.2.1 Erosión Laminar	6
2.1.3 Erosión Eólica	7
2.1.4 Tipos de Degradación	7
2.1.4.1 Degradación Química	7
2.1.4.2 Degradación Física	8
2.1.4.3 Degradación Biológica	8
2.1.5 Características geográficas y climáticas de la región andina del Ecuador	9
2.1.6 Importancia de los suelos en la región andina para la agricultura y la producción de alimentos	9
2.1.7 Factores que contribuyen a la erosión de los suelos en la región andina....	10
2.1.8 Técnicas y propuestas de conservación de suelos en la región andina del Ecuador	11
2.2 Metodología.....	13
2.3 Resultados	13
2.4 Discusión de resultados	14
III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	16
3.1 Conclusiones	16
3.2 Recomendaciones.....	16

IV. REFERENCIAS Y ANEXOS	18
4.1 Referencias	18
4.2 Anexos.....	23

I. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1 Introducción

En la sierra ecuatoriana, la presión sobre la tierra obligó a los productores a usar suelos de pendiente inclinada, en las laderas de la cordillera. El proceso empieza con la eliminación de la cubierta vegetal para iniciar las labores agrícolas, sin antes tomar precauciones para controlar los procesos erosivos. Cuando caen las gotas de lluvia en el suelo desnudo, las partículas de suelo se desprenden y la acumulación de agua empieza el arrastre de las mismas, formando pequeñas zanjas que luego se agrandan para formar cárcavas de gran tamaño (Espinoza 2014).

El suelo es un recurso finito que ha sido sobreexplotado sin entender sus capacidades edafológicas, para ello es importante conocer el estado en que se encuentra y por lo consiguiente toda la afectación que presenta tanto de manera directa como indirecta (Ramos 2021). El transporte de sedimentos es directamente proporcional a la capacidad de transporte del suelo y aumenta bajo condiciones favorables de lluvia, pendiente o intrínsecamente por propiedades del suelo (Arias 2022).

Desde el enfoque sistémico constituye uno de los subcomponentes centrales del agroecosistema y se ha señalado a la fertilidad del suelo como uno de los atributos conectado con la sustentabilidad, la cual debe permitir el mantenimiento de su productividad mediante un adecuado manejo de los suelos andinos, mejorando la estructura, el contenido de materia orgánica y la aireación, adecuado contenido de humedad, el pH apropiado y un óptimo nivel de nutrientes (Astier *et al.* 2002).

La producción en general de alimentos, se sustenta en la actividad de intercambio del hombre con la naturaleza, y presupone, como se ha mencionado, los medios de producción y la fuerza de trabajo. La cantidad y calidad de materias primas (como objeto de trabajo), las características de los suelos, el tipo de clima, el agua y el aire, por citar algunos ejemplos, son factores biofísicos del medio ambiente natural que influyen en los rendimientos, en el nivel de productividad del

trabajo de cualquier sector de la economía y con más fuerza en la producción de alimentos agrícolas (Castro, Morales, Castellanos, Pacheco, Macía 2022)

1.2 Planteamiento del problema

Por motivos de la mala práctica agrícola y por la falta de conocimiento de los agricultores, se ha provocado el deterioro de los suelos con actividades como la labranza, arado, el uso constante de los químicos y el uso excesivo de los suelos. Con la finalidad obtener la mayor ganancia posible de los cultivos, sin tomar en cuenta el daño que se le está causando (Campi 2023).

En la cuenca interandina de la Sierra ecuatoriana, algunas problemáticas como altas tasas de deforestación, el aumento desordenado de la población, cambios de uso del suelo, sumado a la topografía escarpada de la región, ha ocasionado el avance de los procesos erosivos que provocan la degradación de los recursos naturales, especialmente del suelo, el cual es un recurso vital y en gran parte no renovable (Palacios 2020).

Las cuencas hidrográficas enfrentan serios problemas de degradación, que se ven intensificados por actividades antrópicas. El mal uso y manejo de los recursos naturales desencadena problemas que afectan el ciclo normal de la naturaleza, siendo la pérdida del suelo por procesos erosivos, uno de los más recurrentes (Benalcázar 2017).

Las constantes labores de la agricultura, han provocado graves consecuencias, por esta razón el proceso de erosión del suelo va en aumento, a lo que constituye la degradación del suelo de manera acelerada y que tiene como consecuencia la reducción de la calidad fértil del suelo, la pérdida gradual de nutrientes y deterioro de la materia orgánica para la producción agraria (Campi 2023).

1.3 Justificación

El presente caso de estudio tiene como finalidad realizar una caracterización sobre la erosión de los suelos que provoca la pérdida de fertilidad en las diferentes

regiones del Ecuador, la justificación para abordar este tema radica en la importancia que tiene el suelo como recurso natural indispensable para la producción agrícola, el sustento de las comunidades rurales y la preservación del equilibrio ecológico, es necesario resaltar que el Ecuador cuenta con una gran diversidad de climas, características geográficas y edafológicas que influyen directamente en la erosión del suelo, la continua degradación de los suelos agrícolas debido a la erosión representa una amenaza para la seguridad alimentaria del país y para el desarrollo sostenible de sus comunidades, ya que se ve comprometida la capacidad productiva de los cultivos y se dificulta la obtención de alimentos de calidad.

Además, la erosión de los suelos no solo afecta la productividad agrícola, sino que también conlleva graves consecuencias ambientales, la pérdida de suelo fértil debido a la erosión implica una disminución en la capacidad de retención de agua y nutrientes, lo que incrementa la vulnerabilidad frente a sequías y reduce la eficiencia en la aplicación de fertilizantes, esta situación se agrava aún más en un contexto de cambio climático, donde se esperan eventos extremos con mayor frecuencia e intensidad, agravando la erosión y sus impactos asociados.

Otro aspecto relevante es la falta de información precisa y actualizada sobre la magnitud y distribución de la erosión en las diferentes regiones del Ecuador. Esta falta de conocimiento dificulta la toma de decisiones informadas, limitando la implementación de políticas y acciones que promuevan la conservación y recuperación de los suelos degradados. Por lo tanto, realizar una caracterización detallada de la erosión en las distintas regiones del país permitirá contar con información confiable para la planificación de estrategias de manejo y conservación del suelo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Establecer la problemática vigente de los procesos erosivos de la región andina ecuatoriana.

1.4.2 Objetivos específicos

- Detallar las principales causas y factores que contribuyen a la erosión de los suelos en la región andina del Ecuador.
- Proponer estrategias de manejo sostenible del suelo, en la región sierra del Ecuador.

1.5 Línea Investigativa

Dominio de investigación

- Recursos agropecuarios, medio ambiente, biodiversidad y biotecnología.

Línea de investigación de FACIAG

- Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable.

Sublínea de investigación

- Conservación de suelos y agua.

II. DESARROLLO

2.1 Marco Conceptual

2.1.1 Erosión

La erosión produce la reducción del espesor efectivo del perfil edáfico y, por tanto, del volumen de suelo explotable por la vegetación o el cultivo, dado que la pérdida de material afecta fundamentalmente a las capas superficiales del suelo, en las que reside la mayor fertilidad, su pérdida supone una merma significativa de materia orgánica y nutrientes, esta acción provoca una degradación progresiva de la estructura física del suelo, y a su vez, aumenta la vulnerabilidad de ser degradado afectando al resto de las funciones del suelo (Alba *et al.* 2011).

La degradación física, química y biológica del suelo es consecuencia de procesos naturales y antrópicos, si bien la degradación ocurre tanto en áreas productivas como no productivas, la principal inquietud de los autores de este trabajo, es la que ocurre en los suelos destinados a la producción agrícola, la degradación ocurre en todo tipo de condiciones del recurso suelo, independientemente de las características y ambiente donde se ubique; esto es, tipo, topografía o pendiente, cubierta vegetal, condiciones climáticas, entre otras (Etchevers *et al.* 2019).

De hecho, la erosión es uno de los problemas que enfrentan los productores de agricultura familiar, la principal consecuencia de la erosión es la pérdida de suelo productivo, el recurso más valioso para la agricultura, la erosión arrastra las capas superficiales del perfil del suelo que son las que tienen mayor contenido de materia orgánica MO y nutrientes, las nuevas capas de suelo expuestas a la superficie tienen baja fertilidad y malas condiciones físicas, en consecuencia, los cultivos sembrados en suelos erosionados tienen poco vigor y baja productividad (Boada y Espinoza 2016).

La degradación es un problema que afecta al suelo en alguna de sus cuatro modalidades: erosión hídrica, erosión eólica, degradación química y degradación

física. Los suelos de las áreas forestales no están exentos de presentar algún tipo de factor degradante (Ramos *et al.* 2020).

2.1.2 Erosión Hídrica

La erosión hídrica es el fenómeno de descomposición y movimiento de las partículas del suelo debido a la acción de las precipitaciones de agua. Este proceso tiene un impacto negativo en los suelos, ya que elimina las capas superficiales y, en casos extremos, expone la roca subyacente. La erosión hídrica puede ser un proceso natural que ocurre a un ritmo determinado por la naturaleza, pero también puede ser acelerada por la actividad humana y el cambio climático, lo que conduce a la degradación acelerada de los suelos y a la disminución de su fertilidad (Hossien, Villagra 2023)

La erosión hídrica ocurre principalmente cuando el flujo superficial transporta partículas del suelo desprendidas por el impacto de las gotas de lluvia o la escorrentía superficial. Es un problema ambiental en la medida que con la erosión se pierden nutrientes, materia orgánica, capacidad de retención de humedad y profundidad edáfica. A su vez, todo lo mencionado incide significativamente en la productividad y con ello en los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento de alimentos que brindan los suelos (Zulaica *et al.* 2020).

Una forma de reducir la erosión hídrica es utilizar una cubierta vegetal sobre la superficie, que actúe como una barrera que disminuya la energía erosiva de las gotas de lluvia fraccionándolas en gotas más pequeñas, de esta forma se reduce la compactación, el sellamiento y el escurrimiento superficial (Alvarado *et al.* 2011).

2.1.2.1 Erosión Laminar

La erosión laminar está relacionada con la caída de gotas provenientes de la lluvia, sumado a que en las laderas la salpicadura de dichas gotas descienda a través de ella, si la corriente de agua hace que se desprenda como una delgada lámina, el tipo de erosión dada en este caso se denomina como erosión laminar (Agama 2022).

2.1.3 Erosión Eólica

Los factores que influyen en el proceso de erosión eólica son esencialmente la erosividad del viento, la erodabilidad del suelo y un impacto combinado de ambos. La velocidad umbral es la velocidad mínima del viento que permite iniciar el movimiento de las partículas del suelo. Uno de los factores más importante que determina dicha condición es el contenido de humedad del suelo. Este parámetro, de alto dinamismo y variabilidad, tiene un impacto crítico en la predicción del proceso de deflación y transporte de partículas por el viento (Mota 2014).

Los suelos de las regiones Andinas en la mayor parte de su superficie son áridos y semiáridos, con incipiente o nula cobertura vegetal, tienen mayor susceptibilidad a erosionarse dadas sus características; generalmente poco desarrollados, de textura gruesa y poco estructurados. El clima de estas regiones está caracterizado por precipitaciones concentradas en períodos cortos de tiempo, vientos de gran intensidad coincidentes con períodos secos, altas temperaturas y elevadas tasas de evapotranspiración (Bocci 2023).

2.1.4 Tipos de Degradación

2.1.4.1 Degradación Química

La degradación química es el proceso que está relacionado con la alteración de las propiedades químicas del suelo. Esta modificación degradativa del suelo es la causante del empeoramiento de la calidad del suelo. La alteración o modificación de las propiedades químicas implica un cambio sustancial en la composición química del suelo. Los principales factores que intervienen en el proceso degradativo del suelo son la compactación y la desertización que se manifiestan como una degradación física, o la acidificación, la salinización, la pérdida de la materia orgánica y la contaminación que determinan la degradación química (Cotrina 2022).

La destrucción ambiental incide directamente en la crisis del campo, en tanto que las malas prácticas agropecuarias contribuyen a degradar los ecosistemas y la calidad de vida de los campesinos. Las malas prácticas en la agricultura contribuyen de manera directa entre diez y doce por ciento a las emisiones de Gas

de efecto invernadero, debido a que los suelos agrícolas y el ganado emiten grandes cantidades de gases a la atmósfera. De manera indirecta contribuye con entre diecisiete y veinte por ciento, debido al uso de combustible fósil para las operaciones agrícolas, la producción de agroquímicos y la conversión de tierras para cultivo (Zurrita *et al.* 2015).

2.1.4.2 Degradación Física

Los procesos de degradación física de los suelos se manifiestan a través de la erosión hídrica y eólica que se considera comúnmente como una de las principales causas de la pérdida de suelo (Ostovari, Ghorbani, Bahrami, Naderi y Melo 2017) (Quiñonez 2022).

Los principales parámetros y propiedades que juegan un rol importante en las propiedades físicas del suelo son la porosidad, la estructura y la capacidad retentiva de agua, porque están estrechamente relacionadas con el movimiento del agua, transporte de nutrientes, penetración de las raíces y emergencia de las plantas (Cotrina 2022).

La actividad agrícola puede tornarse insostenible debido a malas prácticas culturales, entre las que se encuentran: el uso y abuso de fertilizantes, pesticidas y equipos agrícolas, el excesivo pastoreo de animales, la inadecuada rotación de cultivos, mala aplicación de los sistemas de riego, que pueden considerarse como los principales procesos ejecutados por el hombre que ocasionan degradación del suelo (Montatixe y Eche 2021).

2.1.4.3 Degradación Biológica

Se basa en la pérdida de la diversidad y procesos biológicos en el suelo, no solo genera afectaciones negativas en la capacidad de sustentar la vida animal y vegetal, sino que, además genera degradación del suelo por varias causas que se encuentran vinculadas en los procesos agrícolas no sostenibles, como la contaminación, deforestación y otros factores ambientales (Campuzano *et al.*, 2022).

La degradación biológica se basa en la reducción de la diversidad de organismos en el suelo, como microorganismos bacterias, hongos, nematodos y otros microorganismos, estos desempeñan roles cruciales en la descomposición de materia orgánica, la ciclación de nutrientes y la formación de una estructura de suelo saludable, este proceso de degradación se relacionan con los procesos de la actividad microbiana, los microorganismos son responsables de la descomposición de materiales orgánicos para poder mantener la salud del suelo (Montaño *et al.* 2018).

2.1.5 Características geográficas y climáticas de la región andina del Ecuador

Diversas áreas de la región Andina, reconocidas por su actividad sísmica y volcánica, se caracterizan por su abrupta topografía con pronunciadas diferencias de elevación en pequeñas y grandes distancias, que resultan en una alta energía del relieve. Una gran variedad de procesos geomorfológicos, contribuyen a la reducción de estos desequilibrios energéticos, erosión y transporte de sedimentos de los ríos. Un medio muy eficaz de transporte son los movimientos gravitacionales en masa, incluidos los flujos, deslizamientos de rocas, detritos, barro o tierra (Mergili *et al.* 2015).

La variabilidad climática en la Región Andina del Ecuador se debe a los distintos regímenes pluviométricos que se pueden encontrar a distancias relativamente cortas, especialmente en las zonas montañosas. Este clima variado se ha caracterizado por abarcar eventos extremos que van desde sequías hasta fuertes lluvias generando un impacto social y económico para las poblaciones afectadas (Arias 2020).

2.1.6 Importancia de los suelos en la región andina para la agricultura y la producción de alimentos

Actualmente es esencial preservar la agrobiodiversidad para que las generaciones a futuro puedan satisfacer sus necesidades, es vital determinar la importancia y características de los conocimientos tradicionales y el buen manejo de los suelos para la conservación de los recursos. Los conocimientos tradicionales

constituyen saberes, prácticas, habilidades, técnicas, procedimientos y prácticas de comunidades indígenas y campesinas orientadas a valorizar especies vegetales para satisfacer necesidades (Tamayo y Dilas 2021).

Es de suma importancia la conservación de los suelos, ya que la agricultura es uno de los sectores más estratégicos de la economía por varias razones, entre ellos: para su aporte al PIB, por la generación de empleo y absorción de mano de obra desocupada, generación de valor agregado, aporte a las exportaciones no tradicionales, producción de insumos y otros que le dan un valor dentro del contexto del aparato productivo nacional (Cuba 2020).

Los suelos de la región andina son de gran impacto en la agricultura ya que gracias a estos contamos con; producción, procesamiento y comercialización de cultivos y de productos ganaderos, desempeñando un papel trascendental en la economía del país, la agricultura proporciona suministros de alimentos, materia prima y proporciona oportunidades de empleos (Gálvez 2021).

2.1.7 Factores que contribuyen a la erosión de los suelos en la región andina

Uno de los mecanismos más importantes de la degradación de la tierra que envuelve a todo el ecosistema, es la erosión del suelo. La degradación de los suelos por erosión hídrica es uno de los procesos más importantes en la pérdida de la capacidad productiva de la tierra (Agama 2022).

La degradación de los suelos erosionados es el resultado de un encadenamiento de alteraciones de las variables químicas, físicas y biológicas propias de cada suelo, las consecuencias de la erosión se manifiestan tanto en el lugar donde se produce como fuera de él (erosión difusa). Los efectos in situ son particularmente importantes en tierras de uso agrícola, en las cuales la redistribución y pérdida del suelo, la degradación de su estructura y el arrastre de materia orgánica y de nutrientes llevan a la pérdida del espesor superficial de suelo y al descenso de la fertilidad. La erosión reduce también la humedad disponible en el suelo, acentuando las condiciones de aridez (Bejarano 2022).

El manejo de suelo también es considerado un factor determinante; las malas prácticas de uso del suelo aceleran el proceso erosivo, siendo las de mayor impacto el empleo de la maquinaria agrícola, excesivo laboreo, preparación del terreno en sentido de la pendiente y la inadecuada aplicación del agua para riego. Y por último las costumbres tradicionales, tales como la tumba, roza y quema generan efectos no favorables en el suelo, dentro de los cuales se encuentra la erosión (Cruz y Zurita 2021).

El uso excesivo e inadecuado de maquinaria agrícola puede provocar erosión, por lo que no se recomienda la preparación profunda del suelo (arado) en terrenos muy inclinados. Como alternativa a la preparación del suelo en pendientes pronunciadas, se puede realizar lo siguiente: subsolado, paso de rastra destrabada, resiembra sobre pasto natural, entre otras (Rodríguez *et al.* 2013).

La labranza excesiva puede provocar la erosión del suelo y reducir la productividad de los cultivos. Generalmente, en la sierra del Ecuador la preparación del terreno se realiza mediante agricultura convencional (Winschel *et al.* 2022).

La agricultura en la región Andina del Ecuador se caracteriza por el desarrollo en las laderas de las montañas, con pendientes en su mayoría superiores al 12%. La mecanización en estas condiciones contribuye a las pendientes, lo que resulta en resistencia del suelo en varios sistemas de labranza. Especialmente en la provincia de Carchi, el uso de tractores está muy extendido en procesos de labranza con pendiente de hasta el 55%; por lo tanto, la erosión causada por el sistema de labranza es tan importante como la erosión hídrica (Córdova y Valverde 2002).

2.1.8 Técnicas y propuestas de conservación de suelos en la región andina del Ecuador

Las inversiones en conservación de suelos, por lo general, son altas y no rentables a corto plazo, por lo que es un reto generar técnicas que mejoren el rendimiento, reduzcan costos y produzcan beneficios desde su implementación. Los pequeños productores del Ecuador, quienes se agrupan dentro de la tipología

de agricultura familiar campesina, representan el 62 % de la población rural, contribuyen a la seguridad alimentaria y producen para la canasta familiar los alimentos básicos. Típicamente, su sistema productivo se basa en el trabajo familiar, implementando el sistema de labranza convencional (Montesdeoca *et al.* 2023).

En cuanto a las estrategias de disminuir la erosión del suelo se tiene en consideración las prácticas de conservación del suelo, la construcción de terrazas es una medida eficiente para las áreas montañosa, estas estructuras permiten reducir la velocidad de las aguas emanadas por la lluvia, permitiendo de esta manera que se absorba de forma gradual en el suelo, así como evitar la escorrentía que se transforma en la erosión. La plantación de cultivos de cobertura, pastos o árboles, actúa como una barrera natural que protege el suelo contra la acción erosiva del viento y el agua. Las zanjas de desviación son una técnica efectiva para prevenir la erosión del suelo al dirigir el flujo de agua de lluvia de manera controlada se diseñan estratégicamente para desviar el agua y evitar la concentración y escorrentía (Amaya, 2016).

Las iniciativas de conservación, como los programas de reforestación, sistemas silvopastoriles y la implementación de las NDC (Contribución Determinada a Nivel Nacional) y los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible), han mostrado resultados prometedores, pero enfrentan desafíos en términos de implementación y participación comunitaria. La protección de la biodiversidad en Ecuador requiere un enfoque holístico y colaborativo, abordando tanto las amenazas directas como las subyacentes, y es crucial para preservar la rica biodiversidad del país para las generaciones futuras (Herrera 2024).

La adición constante de carbono orgánico al suelo a través de los procesos de mineralización de los residuos vegetales de los cultivos y de la avena-vicia (forraje) en la superficie del suelo, proporciona mejores rendimientos en los cultivos en rotación, preserva y fomenta el equilibrio de la materia orgánica en el suelo, y mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Estas innovaciones en Agricultura de Conservación (AC) mejoran la sostenibilidad de los sistemas de

cultivos y también generan beneficios en forma de reducción de la erosión (Barrera *et al.* 2020).

2.2 Metodología

El presente documento investigativo presentado como componente práctico, se desarrolló a través de la recopilación de todo tipo de información, realizando una detallada investigación en las distintas páginas web de libre acceso, artículos científicos, tesis de grado, fuentes y documentaciones bibliográficas disponibles en distintas plataformas digitales.

Por terminado, cabe resaltar que toda la información obtenida fue efectuada mediante la técnica de análisis, síntesis y resumen, con el objetivo instaurar la información específica en correspondencia a este proyecto, que lleva por temática “Problemática de los procesos erosivos de suelos de la Región Andina del Ecuador” destacando así su importancia y fundamentos generales para el consentimiento académico y social del lector.

2.3 Resultados

Se han identificado múltiples elementos que inciden en este fenómeno, las prácticas agrícolas no sostenibles, como la deforestación para la expansión de cultivos, han llevado a una pérdida significativa de la cobertura vegetal que normalmente protege el suelo de la erosión, además, las pendientes pronunciadas presentes en la topografía andina aumentan la susceptibilidad a la erosión hídrica, especialmente durante eventos climáticos extremos, lo que resulta en la pérdida de la capa fértil del suelo.

La topografía montañosa de la región andina, aunque pintoresca, presenta desafíos significativos en términos de erosión hídrica. Las pendientes pronunciadas favorecen el escurrimiento rápido del agua durante las lluvias, lo que puede llevar a procesos erosivos acelerados, asimismo, la expansión urbana y la construcción de infraestructuras sin un adecuado manejo ambiental también han contribuido al deterioro del suelo en la región, la falta de prácticas de conservación del suelo y la escasa adopción de medidas para frenar la erosión representan desafíos

importantes que requieren intervenciones basadas en la comprensión detallada de estos factores para promover la sostenibilidad y preservar la calidad del suelo en la región andina del Ecuador.

La investigación centrada en proponer estrategias de manejo sostenible del suelo en la región sierra del Ecuador ha identificado diversas medidas clave para abordar los desafíos asociados con la degradación del suelo, se sugiere la implementación de prácticas agroecológicas, como la rotación de cultivos, la agroforestería y la siembra directa, que contribuyen a mantener la estructura del suelo y reducir la erosión, la promoción de sistemas de manejo integrado de plagas y enfermedades también se destaca como una estrategia efectiva para reducir la dependencia de agroquímicos que pueden tener impactos negativos en la salud del suelo.

Además, se propone fomentar la reforestación y restauración de áreas degradadas, ya que los bosques desempeñan un papel crucial en la retención del suelo y la regulación del ciclo del agua, la aplicación de técnicas de conservación del agua, como la construcción de terrazas y la implementación de prácticas de captura de agua de lluvia, también se presenta como una medida esencial para minimizar la escorrentía y mejorar la retención de humedad en el suelo, estas estrategias, combinadas con la educación y la participación de las comunidades locales, pueden contribuir significativamente a un manejo sostenible del suelo en la región sierra del Ecuador.

2.4 Discusión de resultados

Los hallazgos, respaldados por las observaciones de García (2024), subrayan la urgencia de adoptar prácticas de manejo del suelo más sostenibles y conservacionistas para abordar eficazmente el problema de la erosión en la región andina, estos hallazgos, subrayan la urgencia de adoptar prácticas de manejo del suelo más sostenibles y conservacionistas para abordar eficazmente el problema de la erosión en la región andina del Ecuador, la implementación de prácticas agroecológicas, como la rotación de cultivos, la agroforestería y la siembra directa, estas prácticas no solo contribuyen a preservar la estructura del suelo, sino que también ayudan a reducir la erosión, además, se destaca la promoción de sistemas

de manejo integrado de plagas y enfermedades como una estrategia efectiva para disminuir la dependencia de agroquímicos, los cuales pueden tener impactos negativos en la salud del suelo.

Los productores suelen basar su sistema productivo en el trabajo familiar y tienden a implementar el sistema de labranza convencional (Montesdeoca *et al.* 2023), sin embargo, es importante considerar que las inversiones en conservación de suelos suelen ser altas y no rentables a corto plazo, lo que representa un desafío significativo, en este sentido, es crucial desarrollar técnicas que mejoren el rendimiento, reduzcan costos y generen beneficios desde su implementación, esto es especialmente relevante para los pequeños productores del Ecuador, quienes representan la mayoría de la población rural y desempeñan un papel fundamental en la seguridad alimentaria y la producción de alimentos básicos para la canasta familiar.

III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Conclusiones

- 1** Se han detallado que las causas y factores que contribuyen en la erosión de los suelos en la región andina, se basa a su particular topografía montañosa, así como las pendientes pronunciadas, el uso inadecuado del suelo mediante la labranza excesiva y la ausencia de prácticas de conservación, otra de las causas que inciden es la deforestación de la cobertura vegetal, estos hallazgos proporcionan una base sólida para comprender la raíz del problema y desarrollar estrategias efectivas de manejo sostenible del suelo.

- 2** Las estrategias de manejo sostenible del suelo en la región andina se basan en las prácticas de conservación implementando técnicas como terrazas, zanjas de desviación y coberturas vegetales mediante el sembrío, lo cual reduce la velocidad de la escorrentía, controlando así la erosión y optimizando la absorción del agua en el suelo, además, se promueve los sistemas agroforestales que integran árboles para la protección del suelo.

- 3** Se han determinado las causas del problema vigente de la erosión en la región andina ecuatoriana donde se identifica que al ser una zona montañosa y la combinación de eventos climáticos intensos contribuyen a los procesos de erosión, afectando así la fertilidad del suelo y generando procesos de sedimentos que obstruyen las fuentes de agua.

3.2 Recomendaciones

- Implementar medidas inmediatas de conservación del suelo.

- Realizar investigaciones adicionales para la comprensión de los factores específicos que afectan a diferentes zonas.

- Promover programas de capacitación y concientización dirigidos a los agricultores y comunidades locales.

- Establecer niveles de erosión por sector o zonas.

IV. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1 Referencias

Agama, M. 2022. Estimación de los factores que influyen en la pérdida de los suelos mediante la USLE en la microcuenca San Alberto del distrito de Oxapampa. Tesis Ingeniero Ambiental. Oxapampa, Perú. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. 108p.

Alba, S; Alcázar, M; Cermeño, M; Barbero, A. 2011. Erosión y manejo del suelo: Importancia del laboreo ante los procesos erosivos naturales y antrópicos. Revista CSIC. (artículo) 84 (2): 13-38 ISBN: 978-84-491-1083-2.

Alvarado, K; López, V; Castillo, J. 2011. Pérdida de suelo por erosión hídrica en diferentes sistemas de producción con papa *Solanum tuberosum* L. Revista Ciencias Agrícolas, (artículo) 28 (1): 64-72 ISSN: 2256-2273.

Amaya, C. 2016. Identificación de estrategias empleadas para la optimización del uso eficiente del suelo. Revista Unilibre. 1(1), 11-26. DOI: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/4587/3909>

Arias, A. 2020. Estudio de la variabilidad climática en un transecto andino-tropical en el austro ecuatoriano mediante la identificación de teleconexiones. Tesis Ingeniero Civil. Cuenca, Ecuador. Universidad de Cuenca. 44p.

Arias, P; Saz, M; Escolano, S. 2022. Estimación de la erosión del suelo mediante el modelo RUSLE: Cuenca media alta del río Mira en los Andes de Ecuador. Revista RUA. (artículo) 24 (79): 207-230. ISSN: 1989-9890.

Astier, M; Maass, M; Etchevers, J. 2002. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. Revista Agrociencia. (artículo) 36 (5): 605-620. ISSN: 605-620.

Barrera, V; Escudero, L; Arévalo, J; Cartagena, Y. 2020. Prácticas de agricultura de conservación que promueven la productividad y sostenibilidad del sistema de

producción papa-pastos en la microcuenca del río Illangama, Ecuador. Revista Agricultura de Conservación. (artículo) 448: 10-38 ISBN: 978-9942-22-498-9.

Benalcázar, C. 2017. Evaluación de los procesos erosivos en la microcuenca de la Quebrada Ambuquí - Cochapamba, norte del Ecuador. Tesis Ingeniero Forestal. Imbabura, Ecuador. Universidad Técnica del Norte. 99p.

Bocci, H. 2023. Estimación de la erosión eólica actual y potencial de los suelos de la provincia de Neuquén utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG–GIS). Tesis Maestría en Intervención Ambiental con Orientación en Ingeniería Ambiental. Comahue, Argentina. Universidad Nacional del Comahue. 122p.

Boada, R; Espinoza, J. 2016. Factores que limitan el potencial de rendimiento del maíz de polinización abierta en campos de pequeños productores de la Sierra de Ecuador. Revista Siembra. (artículo) 3 (1): 67-82 ISSN: 2477-8850.

Campi, K. 2023. La degradación de los suelos Andisoles y su incidencia en sistema de producción Agrícola. Tesis Ingeniero Agrónomo. Babahoyo, Ecuador, Universidad Técnica de Babahoyo. 26p.

Campuzano, E., Briones, Ó., & Larsen, J. (2022). Procedimiento para evaluar la degradación biológica del suelo en zonas áridas del noreste de México. Revista content/uploads/2022/pdf/RDE36/RDE36_completo.pdf

Castro, C; Morales, M.; Castellanos, R; Pacheco, U; Macía, T. 2022. Evaluación de la sustentabilidad de la autosuficiencia alimentaria sostenible en Esmeraldas, Ecuador. Revista Universidad y Sociedad. (artículo) 14 (3): 553-564 ISSN: 2218-3620.

Córdova, J; Valverde, F. 2002. Evaluación de la erosión causada por labranza con arado y rastra en Carchi – Ecuador. Revista INIAP. (artículo) 348 (1): 1-9 DOI: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2510>.

Cotrina, B. 2022. Diagnóstico de los niveles de degradación de los suelos del fundo el Milagro - Santa María - Huaura – Lima. Tesis Ingeniero Agrónomo. Huaura, Perú. Universidad Católica Sedes Sapientiae. 139p.

Cuba, E. 2020. Sistema de producción Andina para el desarrollo Agrícola. Tesis Ingeniero Agrónomo. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 152p.

Cruz, N; Zurita, S. 2021. Niveles de Erosión Hídrica aplicando el sistema de información Geográfica en el distrito de Yanaoca – Cusco 2020. Tesis Ingeniero Ambiental. Trujillo Perú. Universidad Privada del Norte. 117p.

Etchevers, J; Hidalgo, C; Paz F. 2019. Degradación de suelos y necesidad de políticas públicas. Revista Elementos para Políticas Públicas. (artículo) 3 (3): 267-274 ISSN: 2448-5578.

Gálvez, A. 2021. Importancia de la Agricultura para el desarrollo de las comunidades rurales de la parroquia Malvas del Cantón Zaruma. Tesis Licenciado en Gestión para el desarrollo Local Sostenible. Cuenca, Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca 43p.

García, L. 2024. Consecuencias de la expansión agrícola en la parroquia Santiago de Quito, cantón Colta. Tesis Licenciada en Pedagogía de la Historia y las Ciencias Sociales. Riobamba, Ecuador. Universidad Nacional de Chimborazo. 76p.

Herrera, R. 2024. Principales amenazas e iniciativas de conservación de la biodiversidad en Ecuador. Revista Journal of Economic and Social Science Research. (artículo) 4 (1): 33-56 ISSN: 2953-6790.

Hossien, S; Villagra, A. 2023. Evaluación de la tasa promedio anual por erosión hídrica mediante los modelos SWAT y USLE en la Cuenca Cusiyocho, distrito Chinchero, Provincia Urubamba-Departamento Cusco,2022. Tesis Ingeniero Civil. Cusco, Perú. Universidad Andina del Cusco. 169p.

Mergili, M; Marchant, S; Moreiras, S. 2015. Causas, características e impacto de los procesos de remoción en masa, en áreas contrastantes de la región Andina. *Revista Geografía*. (artículo) 24 (2): 113-131 ISSN: 2256-5442.

Montesdeoca, F; Quishpe, J; Oña J; López, J; Herrera, M; González, E; Bueno, J; Miranda, S; Arcos, L; Alvarado S. 2023. Rentabilidad de cultivos en rotación bajo dos sistemas de labranza de suelo en el valle de Tumbaco, Ecuador. *Revista Siembra*, (artículo) 10 (2): 2-3 ISSN: 2477-8850

Montaño, N; Navarro, M; López, I. 2018. The soil and its multifunctionality: What happens down there?. *Revista Redalyc*. (artículo) 25(3): 1-12. DOI: <https://www.redalyc.org/journal/104/10455646009/html/>

Montatixe, C; Eche, M, 2021. Degradación del suelo y desarrollo económico en la agricultura familiar de la parroquia Emilio María Terán, Píllaro. *Revista Siembra*. (artículo) 8 (1): 17-35 ISSN: 2477-8850.

Mota, G. 2014. Contenido de Humedad crítica del suelo como desencadenante de la Erosión Eólica en suelos de la región semiárida de Argentina. Tesis Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Santa Rosa, Argentina. Universidad Nacional de la Pampa.49p.

Ostovari, Y; Ghorbani-Dashtaki, S; Bahrami, H; Naderi, M; Dematte, J. 2017. Estimación de la pérdida de suelo utilizando el modelo RUSLE, SIG y técnicas de teledetección: un estudio de caso de la cuenca de Dembecha, noroeste de Etiopía. *Revista Geoderma Regional*. (artículo) 11 (1): 28-36.

Palacios, I; Ushiña, D; Carrera, D. 2020. Génesis, Clasificación, Cartografía y Mineralogía de Suelos: Técnicas SIG para recuperación de suelos cangahuosos, con fines de agricultura comunitaria en el ilaló. *Revista Ciencia del Suelo*. (artículo) 38 (2): 295-309 ISSN: 1850-2067.

Quiñonez, P. 2022. Evaluación de riesgos por Erosión Hídrica en el suelo de la microcuenca de la Quebrada Quitumbe, Provincia de Imbabura. Tesis Maestría en

Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas. Quitumbe, Ibarra. Universidad Técnica del Norte. 123p.

Ramos, B. 2021. Bases edafológicas de la bioingeniería del suelo para potenciar la sostenibilidad de las funciones ecológicas de la Región Andina. Tesis Ingeniero Geógrafo y Ambiental. Cundinamarca, Colombia. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. 146p.

Ramos, M; Gómez, J; Monterroso, A; Uribe, M; Villar, B; Ruiz, P; Asencio, C. 2020. Factores que influyen en la erosión hídrica del suelo en un bosque templado. Revista Ciencias Forestales. (artículo) 11 (59): 51-71 ISSN: 2007-1132.

Rodriguez, L; Clavijo, F; Llangarí, P; Godoy, A. 2013. Manejo de pasturas para pequeños y medianos productores en la Sierra Centro del Ecuador. Revista INIAP. (artículo) 98 DOI: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2451>.

Tamayo, C; Dilas, J. 2021. Conocimientos tradicionales y recursos Genéticos: Una revisión conceptual, importancia y marco legal en Ecuador y Perú. Revista Investigación Científica y Tecnológica. (artículo) 2 (3): 2-14 ISSN: 2709-4502.

Winschel, C; Pezzola, A; Casella, A. 2022. Dinámica en los cambios de cobertura y Usos del suelo. Revista Inta Digital. (artículo) 79 (1): 1-2 ISSN: 0328-3399.

Zulaica, L; Vazquez, P; Daga, D. 2020. Transformaciones territoriales en el periurbano hortícola de Mar del Plata (Argentina) y su incidencia en los procesos de erosión hídrica. Revista Geografía Norte Grande, (artículo) 75 (1): 179-200 ISSN: 0718-3402.

Zurrita, A; Badii, M; Guillen, A; Lugo, O; Aguilar, J. 2015. Factores Causantes de Degradación Ambiental. Revista Buena Conciencia. (artículo) 10 (3): 1-9 ISSN: 1870-5570.

4.2 Anexos



Anexo 1 Mapeo de la erosión del suelo en la sierra ecuatoriana

Fuente: (MAGAP 2022)



Anexo 2 Control de la erosión del suelo

Fuente: (Productor 2021)



Anexo 3 Zona andina con problemas de erosión

Fuente: (Canal Clima 2021)



Anexo 4 Recuperación de suelos erosionados

Fuente: (IPS 2021)