



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 Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como
requisito previo para obtener el título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

TEMA:

Efectos del drenaje agrícola en la conservación del suelo y la
prevención de la erosión

AUTOR:

Argenises Adolfo Arana Ayala

TUTOR:

Ing. Oscar Guido Caicedo Camposano. Ph.D

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2025

RESUMEN

Mundialmente, la erosión hídrica se presenta como uno de los fenómenos más significativos de degradación del suelo, desencadenando graves impactos ecológicos y elevados costos económicos. El drenaje de tierras agrícolas tiene dos objetivos: el primero es el de reducir el exceso de agua y el segundo el de controlar y reducir la salinización o acidificación en los suelos que inevitablemente acompaña a las tierras que tienen drenaje natural insuficiente en las regiones áridas, semiáridas y húmedas. La presente investigación tiene como objetivo analizar los efectos del drenaje agrícola en la conservación del suelo y la prevención de la erosión, ya que este, tiene implicaciones importantes en la sostenibilidad ambiental y la adaptación al cambio climático. En caso de no implementar sistemas de drenaje adecuados, la acumulación de agua puede generar procesos de erosión que afectan la capa superficial del suelo, fundamental para la agricultura. El presente estudio se llevó mediante una metodología de carácter bibliográfico, de manera detallada en base a los aportes teóricos y empíricos previos sobre la problemática abordada. Se analizarán investigaciones académicas, artículos científicos, informes técnicos y normativas vinculadas con el drenaje agrícola y sus implicaciones en la conservación del suelo. Finalmente se determinó que, la práctica agrícola de un sistema de drenaje ayuda a la conservación de la estructura y calidad del suelo, al regular la humedad, aumentar la aireación y evitar la compactación. Por ende, un diseño inadecuado del drenaje puede dar lugar a un aumento en la lixiviación de nutrientes, afectando la fertilidad del suelo. Por lo cual, la correcta práctica del drenaje reduce la pérdida de suelo por escurrimiento, estabiliza la capa superficial y optimiza la relación agua/sol, por lo que estos sistemas de producción son sostenibles.

Palabras claves: Escurrimiento, Lixiviación, Degradación del suelo, productividad, Fertilidad.

SUMMARY

Worldwide, water erosion is one of the most significant soil degradation phenomena, triggering severe ecological impacts and high economic costs. Drainage of agricultural lands has two objectives: the first is to reduce excess water, and the second is to control and reduce the salinization or acidification of soils that inevitably accompanies lands with insufficient natural drainage in arid, semi-arid, and humid regions. This research aims to analyze the effects of agricultural drainage on soil conservation and erosion prevention, as this has important implications for environmental sustainability and adaptation to climate change. If adequate drainage systems are not implemented, water accumulation can generate erosion processes that affect the topsoil, which is essential for agriculture. This study was conducted using a bibliographic methodology, in detail based on previous theoretical and empirical contributions to the problem addressed. Academic research, scientific articles, technical reports, and regulations related to agricultural drainage and its implications for soil conservation will be analyzed. It was ultimately determined that the agricultural practice of a drainage system helps preserve soil structure and quality by regulating moisture, increasing aeration, and preventing compaction. Therefore, inadequate drainage design can lead to increased nutrient leaching, affecting soil fertility. Therefore, proper drainage practices reduce soil loss due to runoff, stabilize the topsoil, and optimize the water/solar ratio, making these production systems sustainable.

Keywords: Runoff, Leaching, Soil Degradation, Productivity, Fertility.

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
1.CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento del problema	1
1.3. Justificación	2
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Líneas de investigación	3
2. DESARROLLO	4
2.1. Marco conceptual.....	4
2.2. Tipos de drenaje agrícola.....	4
2.2.1. Drenaje superficial	4
2.2.2. Drenaje subterráneo	5
2.2.3. Importancia del drenaje agrícola en la agricultura	5
2.2.4. Efectos del drenaje agrícola en la conservación de la estructura y la calidad del suelo.....	6
2.2.5. Definición de conservación del suelo	7
2.3.1. Prácticas de drenaje agrícola identificadas en la literatura como eficaces en la prevención de la erosión del suelo.....	8
2.3.2. Relación entre el drenaje agrícola y la reducción de la erosión del suelo. 10	10
2.2. Marco metodológico.....	11
2.3. Resultados	11
2.4 Discusión de resultados.....	13
3.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	15

3.1. Conclusiones	15
3.2. Recomendaciones	16
4.REFERENCIAS Y ANEXOS	17
4.1. Referencias bibliográficas.....	17
4.2. Anexos	21

INDICE DE ANEXOS.

Anexo 1. Drenajes secundarios para el manejo de aguas en plantaciones de banano.....	21
Anexo 2. Erosión del suelo por exceso de agua.....	21

1.CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. Introducción

Mundialmente, la erosión hídrica se presenta como uno de los fenómenos más significativos de degradación del suelo, desencadenando graves impactos ecológicos y elevados costos económicos. Así, mediante sus efectos sobre la producción agrícola, la infraestructura y la calidad del agua que, al mismo tiempo, perjudica la calidad de vida de la población, este proceso amenaza la seguridad alimentaria, constituyéndose como una barrera al momento de alcanzar el desarrollo sustentable (Sequeira & Vázquez, 2022).

El drenaje de tierras agrícolas tiene dos objetivos: el primero es el de reducir el exceso de agua y el segundo el de controlar y reducir la salinización o acidificación en los suelos que inevitablemente acompaña a las tierras que tienen drenaje natural insuficiente en las regiones áridas, semiáridas y húmedas. Los fines específicos del drenaje de tierras agrícolas son tres en la mayoría de las ocasiones, aprovechamiento y mejora del terreno, protección contra el anegamiento y seguridad contra la infiltración desde las zanjas de irrigación, o para controlar o prevenir la formación de álcali (Namucho et al., 2019).

La presente investigación tiene como objetivo analizar los efectos del drenaje agrícola en la conservación del suelo y la prevención de la erosión, ya que este, tiene implicaciones importantes en la sostenibilidad ambiental y la adaptación al cambio climático, contribuyendo a la preservación de la fertilidad del suelo, mejora de los recursos hídricos y previene la degradación de los ecosistemas circundantes, destacando su impacto positivo en la productividad y su función en la prevención de procesos erosivos que comprometen la estabilidad de los sistemas agrícolas.

1.2. Planteamiento del problema

El drenaje agrícola es esencial en regiones con alta pluviometría, donde el exceso de agua puede afectar la productividad del suelo. El drenaje no solo controla el agua superficial, sino que también juega un papel importante en la conservación

del suelo y la prevención de la erosión. El manejo adecuado del drenaje ayuda a mejorar la estructura del suelo y a prevenir la pérdida de nutrientes, factores clave para mantener la salud de los cultivos en áreas lluviosas. En caso de no implementar sistemas de drenaje adecuados, la acumulación de agua puede generar procesos de erosión que afectan la capa superficial del suelo, fundamental para la agricultura (García et al., 2019).

Existen diferentes prácticas de drenaje agrícola, como el drenaje subterráneo y superficial, que se han identificado como eficaces en la reducción de la erosión en zonas con alta pluviometría. El drenaje subterráneo puede ser más efectivo en ciertos suelos, pero su aplicación incorrecta podría generar efectos negativos, como un incremento en la salinidad del suelo. En comparación, el drenaje superficial puede ser más accesible, pero requiere un manejo adecuado para evitar una erosión mayor, especialmente en terrenos inclinados (Kumar et al., 2017).

En zonas con alta precipitación, es fundamental revisar los estudios previos sobre los efectos del drenaje en la conservación del suelo y la erosión, para establecer prácticas más eficientes y sostenibles. Un drenaje bien diseñado mejora la estructura del suelo y contribuye a la reducción de la erosión. Esta revisión bibliográfica proporciona la base para identificar las mejores prácticas y estrategias para mitigar los efectos negativos del drenaje agrícola en suelos de alta pluviometría (Zhang & Wang, 2020).

1.3. Justificación

El drenaje agrícola es una herramienta clave en la gestión de suelos en regiones con altas precipitaciones, donde la acumulación excesiva de agua puede comprometer la productividad y la calidad del suelo, en ese sentido, este estudio es necesario para entender cómo los sistemas de drenaje, cuando son adecuados pueden mejorar la estructura del suelo y prevenir la erosión, elementos fundamentales para la sostenibilidad agrícola a largo plazo.

Las diversas prácticas de drenaje agrícola que se han identificado como eficaces en la mitigación de la erosión, no obstante, la implementación de estas técnicas depende de factores específicos del terreno, lo que hace necesario evaluar las mejores opciones para cada caso particular; una revisión bibliográfica detallada puede ayudar a establecer las relaciones entre las diferentes prácticas de drenaje y sus efectos sobre la erosión del suelo.

El análisis de los efectos del drenaje sobre la conservación del suelo es proporcionará soluciones prácticas y basadas en evidencia para mejorar la gestión del agua en áreas agrícolas vulnerables. Esta investigación contribuirá a la identificación de prácticas efectivas y sostenibles que ayuden a prevenir la erosión y optimicen la calidad del suelo en regiones de alta pluviometría.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar los efectos del drenaje agrícola en la conservación del suelo y la prevención de la erosión.

1.4.2. Objetivos específicos

- Describir los efectos del drenaje agrícola en la conservación de la estructura y la calidad del suelo.
- Mencionar las principales prácticas de drenaje agrícola identificadas en la literatura como eficaces en la prevención de la erosión.
- Establecer las relaciones documentadas entre el drenaje agrícola y la reducción de la erosión del suelo.

1.5. Líneas de investigación

La presente investigación está enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología. El enfoque principal de este estudio se centra en el: “Efectos del drenaje agrícola en la conservación del suelo y la prevención de la erosión”. En este contexto, específicamente se aborda el Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la Sublíneas de Agricultura sostenible y sustentable

2. DESARROLLO

2.1. Marco conceptual.

2.1.1. Definición de drenaje agrícola.

El exceso de agua arrastra los nutrientes del suelo hasta una profundidad fuera del alcance de las raíces y a su vez desplaza el aire existente en el suelo el cual provoca que estas carezcan de oxígeno. Un sistema de drenaje controlado permite saber, mediante la medición de la humedad en el suelo, cuándo y qué tanto regar, asegurando que se cumplan las necesidades hídricas de las plantas según los requerimientos del tipo de suelo utilizado y del cultivo (Collado et al., 2021).

Las variables a determinar en el diseño de un sistema de drenaje subterráneo es la profundidad de los drenes, la separación de los mismos y su diámetro. El cálculo de estas variables debe considerar las características del suelo (textura, estructura, propiedades físicas e hidráulicas) y la condición del flujo de agua en el subsuelo (Zavala et al., 2020).

2.2. Tipos de drenaje agrícola

2.2.1. Drenaje superficial

El requerimiento del uso del drenaje superficial es de total utilidad en dichas zonas donde los factores climáticos, las condiciones de la hidrología, las características de los suelos, la topografía y la utilización de la tierra, dan origen al hecho de la existencia de agua en la acumulación en la superficie de los suelos, durante un tiempo superior al que los cultivos pueden tolerar sin haber dado lugar a efectos negativos serios sobre los rendimientos y/o sobre la sobrevivencia (Herrera & Rosas, 2021).

Al drenaje superficial se le conoce como escurrimiento y se caracteriza por el movimiento del agua en la superficie del suelo, cuya finalidad será la remoción del exceso de agua en la superficie del terreno y consiste en un dispositivo de

canales a una profundidad establecida que capta la escorrentía y la vuelca a drenes colectores hasta la disposición establecida (Duarte & Silva, 2021).

2.2.2. Drenaje subterráneo

Una de las funciones fundamentales de los sistemas de drenaje agrícola subterráneos es prevenir la instauración de un régimen de humedad desfavorable para el crecimiento de los cultivos. Para llevar a cabo una evacuación eficiente del agua, es fundamental comprender su dinámica en el suelo, dado que esto posibilita determinar la evolución del caudal que puede ser extraído del medio poroso a través del drenaje, así como las variaciones correspondientes en el nivel del manto freático (Zavala et al., 2012).

2.2.3. Importancia del drenaje agrícola en la agricultura

Las metodologías de evaluación y optimización de los sistemas de drenaje facilitan la comprensión de los parámetros relacionados con la aplicación del agua a partir de ensayos de campo llevados a cabo en condiciones normales de operación. Esto permite identificar las modificaciones necesarias para perfeccionar el proceso de riego, lo cual puede resultar en un ahorro significativo de agua, mano de obra y energía, además de una protección adecuada del suelo; todo ello se traduce en una mejora en los rendimientos agrícolas (Bonet et al., 2021).

Los objetivos específicos del drenaje en tierras agrícolas suelen reducirse a tres en la mayoría de los casos: la optimización y mejora del suelo, la prevención del encharcamiento, y la garantía de protección contra la infiltración proveniente de las zanjas de irrigación, así como el control o la prevención de la formación de álcalis (Namucho et al., 2019).

La exigencia de agua en Ecuador, al igual que en el resto del planeta, se focaliza principalmente en el sector agrícola. La extensión total de tierras cultivadas en el país asciende a 6,3 millones de hectáreas, mientras que la superficie con potencial para riego se estima en 3,1 millones de hectáreas. No obstante, el sistema de irrigación que el estado ha desarrollado desde la década de 1960 posee la

capacidad de saturar 1,5 millones de hectáreas. Esto resulta en 600 mil hectáreas subutilizadas; según la Subsecretaría de Riego y Drenaje del Ministerio de Agricultura y Ganadería, una de las causas de esta situación es la insuficiencia en el mantenimiento de la infraestructura de riego disponible (Naranjo et al., 2021).

2.2.4. Efectos del drenaje agrícola en la conservación de la estructura y la calidad del suelo.

Los drenajes se deben realizar en regiones húmedas, donde la precipitación anual es alta y los suelos son planos o ligeramente ondulados. Su objetivo es la evacuación del exceso de agua que se encuentre bien sea en la superficie del suelo o a mayor profundidad, propiciando así buenas condiciones de aireación en la zona radicular (Hernandez, 2023).

Mejora la compactación

A nivel mundial se reporta que 68 millones de hectáreas de suelo han sido compactadas sólo por el uso de maquinarias agrícolas; los impactos ambientales de la compactación incluyen emisiones de gases de efecto invernadero, inundaciones crónicas de campos después de fuertes lluvias y escorrentía superficial que causa contaminación del agua superficial y arrastre del suelo que contribuye a la erosión (Jiménez, 2024).

Por ende, la intervención del drenaje agrícola, da accesibilidad a la predicción de la transmisión de agua, la transformación de los porcentajes de humedad gravimétrica del suelo en términos de humedad volumétrica y, consecuentemente, calcular las láminas de agua para el riego. Además, permite calcular la porosidad total de un suelo cuando se conoce la densidad de las partículas, y estimar la masa de la capa arable (Cid et al., 2021)

Mantenimiento de la porosidad

La compactación reduce la porosidad del suelo, dificultando la penetración de las raíces, el movimiento del agua y la aireación. Esto afecta negativamente el crecimiento de las plantas y la producción de forraje (Oña & Villamarin, 2024).

Sin embargo, mediante la incorporación de un correcto drenaje de agua, en la agricultura puede facilitar la aireación del suelo, la infiltración del agua, permitiendo un equilibrio aire/agua, garantizando el desarrollo del cultivo, lo que permite la absorción de nutrientes por las raíces y aumentan la actividad biológica del suelo (Echeverría et al., 2023).

2.2.5. Definición de conservación del suelo

La conservación del suelo, es otorgar la salud del suelo como el conjunto de propiedades biológicas, químicas y físicas requeridas para una productividad agrícola sostenible a largo plazo con un impacto ambiental mínimo. Asimismo, es la capacidad que este tiene para funcionar dentro de los límites de los ecosistemas, mejorando así la sostenibilidad ambiental y la salud humana en todo el mundo, además mantiene la productividad de cultivos y animales (Acosta & Ari, 2022).

2.3. Erosión del suelo

El suelo se ve afectado entre otros factores por la erosión hídrica, definida como el desprendimiento, transporte y sedimentación de partículas por acción del agua. La erosión hídrica laminar es la menos perceptible, aunque genera el 70 % del total de la erosión del suelo, con efectos negativos en suelos poco profundos como los Entisoles. La erosión del suelo es un importante problema ambiental (Palominos et al., 2022).

Es uno de los mayores procesos de degradación derivados de las labores agrícolas, lo que afecta la calidad de infiltración, capacidad de retención del agua, disponibilidad de nutrientes, contenido de materia orgánica, actividad biológica, profundidad efectiva del suelo, y su productividad. Se ha demostrado que la erosión por labranza es tan degradante como la erosión hídrica, ya que aumenta la susceptibilidad del suelo al romper agregados de una forma más uniforme

aumentando la heredabilidad, inclusive con lluvias de baja intensidad (Gómez et al., 2018).

La erosión de suelos constituye un proceso dinámico complejo que ocasiona el deterioro de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, pérdida de nutrientes, reducción de la productividad agrícola y eleva los costos de producción. El deterioro de la calidad de los suelos, a través de la pérdida de fertilidad y su erosión, puede limitar la autosuficiencia, la seguridad y soberanía alimentaria, lo cual afecta principalmente a pequeños agricultores que dependen de sus rendimientos para su subsistencia (Cotler et al., 2020).

En Ecuador, las estimaciones de tasas de erosión y la cuantificación de sedimentos son poco abordadas. La falta de estudios en este campo de investigación limita a las autoridades tomar medidas adecuadas para mitigar los problemas ambientales asociados a estos procesos ambientales. Problemas como los ocurridos en el Río Coca por su proceso de erosión constante (Casanova et al., 2024).

2.3.1. Prácticas de drenaje agrícola identificadas en la literatura como eficaces en la prevención de la erosión del suelo

La adopción de prácticas agrícolas sostenibles ha demostrado ser una estrategia efectiva para mitigar algunos de estos desafíos. Técnicas como la conservación del suelo, la agricultura de conservación, el manejo integrado de plagas y el uso de tecnologías avanzadas han mejorado la productividad, reducido costos y minimizado los impactos ambientales negativos. Estas prácticas no solo aumentan los rendimientos agrícolas, sino que también promueven la sostenibilidad a largo plazo del sector (Guamán & Flores, 2023)

Los terrenos agrícolas que presentan problemas de salinidad y/o de manto freático somero pueden ser recuperados o controlados mediante drenaje artificial, que en el caso de la parcela puede ser del tipo subterráneo. Las variables a determinar en el diseño de un sistema de drenaje subterráneo es la profundidad de los drenes, la separación de los mismos y su diámetro. El cálculo de estas variables

debe considerar las características del suelo (textura, estructura, propiedades físicas e hidráulicas) y la condición del flujo de agua en el subsuelo (Zavala et al., 2020b).

De acuerdo con el estudio empleado por Valipour et al., (2020) señalan que, dentro de las prácticas agrícolas que minimicen el impacto de exceso hídrico que ocasione erosión en los suelos, se pueden describir las siguientes:

- Protección de las áreas, mediante diques y canales de cinturón, de las aguas que escurren de las laderas y los ríos
- Evacuación de las aguas exteriores y las que están en la capa superficial del suelo en el tiempo más breve posible, en canales de drenajes no profundos
- Hacer descender el nivel de las aguas subterráneas por medio de canales de drenajes profundos o drenes

Por otra parte, Gavilánez (2020) deduce que, entre otros de los efectos del drenaje agrícola se evidencia de la siguiente manera:

- La aireación del suelo evita las condiciones anaeróbicas, lo cual implica una mejora en el crecimiento de las raíces de los cultivos, la absorción de los nutrientes y la función transpiratoria, estas funciones están limitadas en situaciones de saturación por la acción de las bacterias que se dan en las raíces en proceso de pudrición, por la influencia de tal situación con la acción de estas bacterias y los procesos anaeróbicos que generan.
- La aireación propicia un aumento en los procesos de oxidación, lo que, a su vez, acelera la descomposición de la materia orgánica contenida en el suelo. Esta aireación previene la acumulación de bicarbonatos de hierro y manganeso, así como de compuestos de nitrógeno, azufre y aluminio, los cuales, en concentraciones específicas, pueden resultar tóxicos para los cultivos. Además, estos elementos contribuyen a la disminución del pH del suelo, exacerbando los

problemas asociados con la acidez. Se optimiza la eficiencia de los fertilizantes aplicados al suelo, lo que resulta en un aumento en la absorción de dichos nutrientes por parte de las plantas.

- El drenaje permite mitigar los problemas ocasionados por enfermedades en las plantas, al eliminar los ambientes húmedos que favorecen el crecimiento de hongos y bacterias patógenas. La remoción de los excesos hídricos optimiza las condiciones térmicas del suelo, incrementando su temperatura y, en consecuencia, acelerando tanto la cosecha como la germinación de las semillas.
- Se optimiza la accesibilidad de maquinaria en la zona de cultivo, agilizando tanto las actividades culturales como las de recolección.

2.3.2. Relación entre el drenaje agrícola y la reducción de la erosión del suelo.

El manejo de un buen drenaje en la agricultura permite evitar la saturación de agua en las plantaciones y con ello disminuir la afectación por enfermedades, pudrición de raíces y mejorar la absorción de nutrientes ya que el exceso de agua la disminuye. Según como señala el estudio de (Villamizar et al., 2024) a pesar de que el sector rural cuente con aptitud para la agricultura gran parte de esta zona cuenta con gran susceptibilidad a la erosión y a inundaciones debido a su topografía, es por ello que por medio de la construcción de sistemas de drenajes encaminar los esfuerzos a mejorar la reducción del impacto de erosión del suelo.

Dentro de las principales características físicas que influyen sobre la estructura del suelo en el entorno agrícola es la profundidad de las raíces, régimen de humedad (capacidad de agua útil, drenaje) y del aire (macro porosidad). Estas propiedades, en iguales condiciones climáticas, son las principales causantes del cambio en la composición de la vegetación (González et al., 2022).

El agua almacenada o fluyente en el suelo afecta la formación del suelo, su estructura, estabilidad y erosión. El agua almacenada es el factor principal para

satisfacer la demanda hídrica de las plantas. Por consiguiente, el drenaje agrícola surge como una actividad en la cual el espacio de aire en el suelo se desplaza por el agua. Denominada Capacidad de Campo (CC) a la cantidad de agua el suelo es capaz de retener luego de ser saturado y dejado drenar libremente lo que evita evapotranspiración y hasta que el potencial hídrico se estabilice (tras 24 a 48 horas de la lluvia o riego) (Plúas et al., 2022).

2.2. Marco metodológico

El presente estudio de caso bibliográfico, se considera un documento que permite examinar de manera detallada los aportes teóricos y empíricos previos sobre la problemática abordada. Se analizarán investigaciones académicas, artículos científicos, informes técnicos y normativas vinculadas con el drenaje agrícola y sus implicaciones en la conservación del suelo, que permitirán estudiar el proceso de la presente investigación. La información se recolectó mediante la técnica de la revisión sistemática de literatura, identificando los estudios más importantes y actualizados sobre la influencia de la práctica del drenaje agrícola en la conservación del suelo y el control de la erosión. Se aplicaron criterios de selección como: año de publicación, relevancia teórica y metodológica en conjunto del reconocimiento de la fuente de alto impacto científico.

2.3. Resultados

El drenaje de los campos agrícolas contribuye en gran medida a la estructura y a la calidad del suelo, pues al controlar las condiciones de exceso hídrico, evita la compactación del suelo como consecuencia de la saturación del mismo. Los datos recabados son elocuentes, es importante remarcar que la estabilidad de los agregados del suelo aumenta bastante en los lugares con drenaje, lo cual implica, entre otros aspectos, un menor grado de erosión y una conservación de los nutrientes considerados necesarios para su desarrollo.

Asimismo, el drenaje agrícola impacta de manera directa a la calidad de los suelos al mejorar los parámetros del equilibrio hídrico y la oxidación de la rizosfera. En cuanto a los suelos drenados, se constata la disminución de la salinidad, así

como la disminución de la acumulación de los productos de la materia orgánica mediante sistemas anaeróbicos. Esto facilita no sólo el desarrollo de un microbiota en cuanto a la actividad e importancia que tiene la acumulación de biomasa microbiana, sino que también mejora el intercambio catiónico de los suelos, reteniendo y facilitando una mayor cantidad de nutriente a las plantas.

En la revisión de la literatura se aportan diferentes prácticas de drenajes agrícolas que han demostrado eficacia en la reducción de la erosión de suelos. El drenaje subsuperficial a través de tuberías perforadas y/o en zanjas rellenas con material drenante se originó como una práctica que tiene ventajas en el control del nivel freático que evitan el exceso hídrico del suelo y que, al mismo tiempo, permite una reducción de la erosión laminar.

La ejecución de canales para la desviación de exceso de agua en el sector agrícolas se ha considerado una estrategia importante para el control de la escorrentía superficial, pues permite disminuir la velocidad del agua y favorece la infiltración vertical en el perfil edáfico. Además, estas intervenciones permiten mantener el equilibrio estructural del terreno, limitando así las pérdidas de partículas y de nutrientes existentes.

Los estudios revisados destacan la relación directa entre los sistemas de drenaje agrícola y la disminución de la erosión del suelo. En este sentido, se han expuesto casos en los que un drenaje llevado a cabo la reducción del exceso de agua en la superficie, impidiendo que se vea afectada la estructura del suelo, por esta misma razón se afectan las estructuras y que de alguna manera se mantiene una mayor resistencia a la erosión hídrica. Y a su vez, la regulación del nivel freático mediante el uso de drenajes subterráneos y zanjas filtrantes, contribuyen al mantenimiento de los agregados del suelo.

Dentro de la literatura se encontró, que el drenaje agrícola contribuye a minimizar impactos de la erosión del suelo al controlar la escorrentía superficial; en este sentido, el drenaje superficial y subterráneo pueden ser ejemplos que controlan el flujo del agua, disminuyendo su velocidad y permitiendo que dicha agua se infiltre en el suelo.

2.4. Discusión de resultados

La literatura existente sobre el drenaje agrícola en la conservación de la estructura y de la calidad del suelo es extensísima. De acuerdo con Hernández (2023), la posibilidad de realizar un drenaje eficaz hace que la aireación de los suelos mejore y la compactación disminuya, lo cual favorece el crecimiento de las raíces y la actividad microbiana de las plantaciones de banano. En la misma línea, Martínez & Gómez (2019) indicaron que la eliminación del exceso hídrico mediante drenajes subterráneos produce una mejora en la porosidad del suelo y permite mitigar problemas de saturación hídricas y mejorar las condiciones edáficas del suelo.

Lo que pone en manifiesto que, efectivamente, aunque el drenaje agrícola contribuye a la conservación del suelo, la implementación de este debe ser controlada y adaptada a las condiciones.

El drenaje agrario juega un papel importante en la conservación del suelo, pero su diseño e implementación pueden afectar la erosión. Villamizar et al. (2024) afirman que un drenaje agrario, según su estudio, mejora la estructura del suelo, tanto al eliminar el exceso de agua como al favorecer la estabilidad de los agregados, esto impide que el suelo se compacte y se degrade físicamente. En la misma línea Gavilánez (2020), sostiene que el drenaje de las aguas a ras de suelo interviene en el nivel del agua freática, favoreciendo así su desalojo y disminuyendo la saturación del suelo y su vulnerabilidad a la erosión hídrica.

Diversos estudios han documentado la relación entre el drenaje agrícola y la reducción de la erosión del suelo, destacando su importancia en la estabilidad y conservación de los ecosistemas agrícolas. Para Acosta & Ari (2022) argumentan que, un sistema de drenaje adecuado implica una disminución en los resultados de la erosión al controlar el exceso de agua en condiciones de superficie, evitando de este modo que las partículas se vean arrastradas por la escorrentía.

De manera similar, Bonet et al. (2021) determinaron que a la hora de realizar la planificación de un sistema de drenaje se deben tener en cuenta aspectos como

la textura del suelo, la pendiente o el tipo de cultivo a fin de evitar efectos colonizadores adversos y garantizar una utilización eficaz del agua.

En términos generales, la literatura revisada afirma que el drenaje agrícola no sólo mejora la producción, sino que también, se considera una herramienta clave para atenuar la erosión y lograr una sostenibilidad a largo plazo de los suelos.

3.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

La práctica agrícola de un sistema de drenaje ayuda a la conservación de la estructura y calidad del suelo, al regular la humedad, aumentar la aireación y evitar la compactación. Por ende, un diseño inadecuado del drenaje puede dar lugar a un aumento en la lixiviación de nutrientes, afectando la fertilidad del suelo.

Un drenaje eficiente fomenta la prevención de la erosión en los suelos, principalmente drenajes subterráneos mediante tuberías perforadas, zanjas de infiltración y drenajes combinados con coberturas vegetales ya que estas prácticas favorecen la reducción de escurrimiento superficial y el aumento de la infiltración controlada de agua.

La relación entre drenaje agrícola y reducción de la erosión está documentada en varios estudios, en los cuales indican que su incorporar el drenaje reduce la pérdida de suelo por escurrimiento, estabiliza la capa superficial y optimiza la relación agua/sol, por lo que estos sistemas de producción son sostenibles.

3.2. Recomendaciones

Introducir sistemas de drenaje agrícola adaptados a las condiciones edafoclimáticas de las diferentes zonas, teniendo en cuenta la textura del suelo, pendiente y el nivel freático optimizando la conservación de la estructura y calidad edáfica.

Implementar prácticas combinadas de drenaje como zanjas de infiltración, drenaje subterráneo, cobertura vegetal, para descender el escurrimiento y el riesgo de erosión en terrenos agrícolas.

Realizar seguimientos periódicos de los sistemas de drenaje para evaluar su eficiencia e impedir los efectos e impactos negativos, asegurando un manejo eficiente del agua de riego para que contribuya a la estabilidad del suelo y a la productividad agrícola.

4.REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. Referencias bibliográficas

- Acosta, N., & Ari, V. (2022). Estrategias para la Conservación de la Salud del Suelo: Una Revisión Sistemática [Tesis pregrado, Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/102623/Acosta_IMJ-Ari_AVK-SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Bonet, C., Guerrero, P., Hernández, J., Rodríguez, D., & Rosa, Y. (2021). Riego y Drenaje en el cultivo de la piña (cultivar MD-2) en Ciego de Ávila. *Revista Ingeniería Agrícola*, 11(1), 9–14. <https://www.redalyc.org/journal/5862/586269368002/586269368002.pdf>
- Casanova, G., Delgado, D., & Panchana, R. (2024). Estimación de volúmenes de sedimentos por erosión hídrica empleando el modelo RUSLE en cuencas de la provincia de Manabí, Ecuador. *Revista de Teledetección*, 63, 1–21. <https://doi.org/10.4995/raet.2024.20147>
- Cid, G., López, T., Herrera, J., & González, F. (2021). Variación de la Densidad Aparente para diferentes contenidos de agua en suelos cubanos. *Revista Ingeniería Agrícola*, 11(2), 3–9. <https://www.redalyc.org/journal/5862/586266250001/586266250001.pdf>
- Collado, E., Calderón, S., Centella, M., & Samaniego, M. (2021). Sistema de riego basado en controlador PID para la adecuación de la humedad del suelo en invernaderos. *Revista de Iniciación Científica*, 7(1). <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v7.1.3041>
- Cotler, H., Corona, J., & Galeana, J. (2020). Erosión de suelos y carencia alimentaria en México: una primera aproximación. *Investigaciones Geográficas*, 101. <https://doi.org/10.14350/rig.59976>
- Duarte, M., & Silva, J. (2021). Tubería de drenaje agrícola en guadua angustifolia: implicaciones de la rugosidad de Manning En Rodales De Pitalito – Huila, [Tesis pregrado, Universidad Supercolombiana]. <https://repositoriousco.co/bitstream/123456789/2627/1/EE%200034.pdf>

- Echeverría, E., Castañeda, E., Robles, C., Martínez, V., Santiago, G., & Rodríguez, G. (2023). Indicadores de calidad como herramientas útiles para evaluar el estado de la fertilidad del suelo. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 10(1), 49–67. <https://doi.org/10.60158/rma.v10i1.376>
- Gavilánez, F. (2020). *El drenaje agrícola y sus elementos de diseño* (1st ed.). Mawil Publicaciones de Ecuador, 2020. <https://mawil.us/wp-content/uploads/2021/03/el-drenaje-agricola.pdf>
- Gómez, N., Villagra, K., & Solórzano, M. (2018). La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Revista Tecnología En Marcha*, 31(1), 170. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3506>
- González, G., Nava, E., García, B., & Arteaga Reyes, T. T. (2022). Análisis histórico de las políticas públicas de conservación de suelos en el Nevado de Toluca, México. *Sociedad y Ambiente*, 25, 1–32. <https://doi.org/10.31840/sya.vi25.2508>
- Guamán, S., & Flores, C. (2023). Seguridad Alimentaria y Producción Agrícola Sostenible en Ecuador. *Revista Científica Zambos*, 2(1), 1–20. <https://doi.org/10.69484/rcz/v2/n1/35>
- Hernandez, J. (2023). Pérdida del área productiva en un suelo bananero causado por un mal diseño y construcción de canales de drenajes [Tesis pregrado, Universidad de Córdoba]. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/174e5683-e4e7-42ce-aaba-487441443fb8/content>
- Herrera, I., & Rosas, N. (2021). Estudio de las aguas subterráneas para la implementación de un drenaje sub superficial en el sector los Álamos-Nuevo Chimbote [Tesis pregrado, Universidad Nacional del Santa]. <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3634>
- Jiménez, E. (2024). *Efectos de la compactación de los suelos arcillosos en el desarrollo y producción del cultivo de palma aceitera *Elaeis guineensis* Jacq* [Tesis pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/16065/E-UTB-FACIAG-AGRON-000141.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Namuche, J., Olvera, M., Saucedo, H., Fuentes, C., & Arellano, J. (2019). Desarrollo y evolución del drenaje agrícola en México. *Revista Ingeniería Agrícola*, 9(4), 18–26.
- Naranjo, I., Fajardo, P., Cantos, E., & Navarrete, A. (2021). Efecto de tres tipos de riego en la erosión del suelo en cultivo de caña de azúcar (*Sacharum spp*) cantón Milagro provincia del Guayas. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 5(40), 1–10. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol5iss40.2021pp1-10>
- Oña, D., & Villamarin, G. (2024). Determinación del estado de los recursos suelo y agua en zonas productoras comunitarias de leche Aláquez, Joseguango Y Mulaló Del Cantón Latacunga 2024 [Tesis pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1ebac8c2-b8c7-452e-ae68-2e08680d770f/content>
- Palominos, T., Villatoro, M., Alvarado, A., Cortés, V., & Paguada, D. (2022). Dinámica temporal de erosión del suelo en café (*Coffea arabica*), Llano Brenes, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 33(3), 49736. <https://doi.org/10.15517/am.v33i3.49736>
- Plúas, M., Ayón, F., Morán, J., Valdés, P., & Merchán, W. (2022). Identificación de propiedades del suelo agrícola en la parroquia Charapotó. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*. ISSN 2602-8166, 6(2), 15–28. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v6.n2.2022.625>
- Valipour, M., Krasilnikof, J., Yannopoulos, S., Kumar, R., Deng, J., Roccaro, P., Mays, L., Grismer, M., & Angelakis, A. (2020). The Evolution of Agricultural Drainage from the Earliest Times to the Present. *Sustainability*, 12(1), 416. <https://doi.org/10.3390/su12010416>
- Villamizar, C., Villalobos, S., & García, J. (2024). Caracterización de métodos para el mejoramiento del drenaje de suelos basado en las fuentes hídricas, enfocado a la agricultura en el municipio de Bolívar, departamento de Cauca. *Diplomado de Profundización Para Grado*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/62371>
- Zavala, M., Saucedo, H., & Fuentes, C. (2012). Sobre la descripción de las transferencias de masa y energía en sistemas de drenaje agrícola con las ecuaciones de Richards y Boussinesq. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 3(4), 27–

39. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222012000400002&script=sci_arttext

Zavala, M., Saucedo, H., & Fuentes, C. (2020). Modelo de simulación para el drenaje agrícola subterráneo. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 11(2), 262–290. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2020-02-07>

4.2. Anexos

ANEXO A



Anexo 1. Drenajes secundarios, canal de drenaje utilizado para el control del exceso de agua en un cultivo de banano, asegurando un adecuado manejo hídrico y evitando problemas de anegamiento que puedan afectar el desarrollo de las plantas (Valipour et al., 2020).

ANEXO B



Anexo 2. Erosión del suelo por exceso de agua, formación de cárcavas y acumulación de agua en la superficie, indicando un drenaje inadecuado y la susceptibilidad del terreno a la erosión, lo que puede afectar la productividad del cultivo y la conservación del suelo (Jiménez, 2024).