



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y**  
**VETERINARIA**

**CARRERA DE AGROPECUARIA**

**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:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA:**

Sistemas de Drenaje en los Cultivos de Banano en el Ecuador

**AUTOR:**

Kelvin Alfonso Moran Troya

**TUTOR:**

Ing. Ind. Carlos Arturo Castro Arteaga, MSc.

**Babahoyo – Los Ríos – Ecuador**

**2024**

## RESUMEN

En Ecuador, los sistemas de drenaje son componentes esenciales dentro del entramado agrícola, especialmente en la producción de banano, uno de los cultivos más importantes del país, estos sistemas comprenden una variedad de métodos y tecnologías, desde los tradicionales drenajes superficiales hasta los sistemas más avanzados de drenaje subterráneo y por gravedad, la diversidad de sistemas refleja la adaptabilidad de la industria bananera a las condiciones climáticas y geográficas específicas de Ecuador. La gestión eficaz del agua es fundamental para el éxito de las plantaciones de banano, los sistemas de drenaje permiten controlar el exceso de agua en el suelo, evitando el encharcamiento y proporcionando condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas, además de prevenir enfermedades relacionadas con el exceso de humedad, como la pudrición de la raíz, los sistemas de drenaje contribuyen a la mejora de la eficiencia hídrica y la conservación de recursos naturales, dado que con la implementación de tecnologías modernas en los sistemas de drenaje ha permitido optimizar la gestión del agua en las plantaciones de banano, por lo que desde la utilización de equipos de excavación y nivelación del terreno hasta la incorporación de sistemas automatizados de monitoreo, Ecuador ha liderado la adopción de prácticas agrícolas sostenibles, estas innovaciones no solo aumentan la productividad y la calidad del banano, sino que también minimizan el impacto ambiental y promueven la sostenibilidad a largo plazo de la industria agrícola.

**Palabras clave:** Banano, Drenaje, Conservación de recursos, Sostenibilidad

## SUMMARY

In Ecuador, drainage systems are essential components within the agricultural framework, especially in banana production, one of the country's most important crops. These systems comprise a variety of methods and technologies, from traditional surface drainage to the most advanced underground and gravity drainage systems, the diversity of systems reflects the adaptability of the banana industry to the specific climatic and geographical conditions of Ecuador. Effective water management is fundamental to the success of banana plantations. Drainage systems control excess water in the soil, preventing waterlogging and providing optimal conditions for plant growth, as well as preventing diseases related to excess moisture, such as root rot, Drainage systems contribute to the improvement of water efficiency and the conservation of natural resources, since the implementation of modern technologies in drainage systems has allowed the optimisation of water management in banana plantations. From the use of excavation and levelling equipment to the incorporation of automated monitoring systems, Ecuador has led the adoption of sustainable agricultural practices, these innovations not only increase the productivity and quality of bananas, but also minimise the environmental impact and promote the long-term sustainability of the agricultural industry.

**Keywords:** Banana, Drainage, Resource conservation, Sustainability

## INDICE

RESUMEN.....	II
SUMMARY .....	III
1. CONTEXTUALIZACIÓN .....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos del estudio.....	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivo Específicos .....	4
1.5 Línea de Investigación .....	4
2. DESARROLLO .....	5
2.1 Marco Conceptual.....	5
2.1.1 Cultivo de Banano .....	5
2.1.2 Desafíos en la Gestión del Agua en las Plantaciones de Banano.....	5
2.1.3 Sistemas de Drenaje con Maquinaria Agrícola .....	6
2.1.4 Aspectos clave de la aplicación de maquinaria agrícola en sistemas de drenaje para cultivos de banano. ....	6
2.1.5 Tipos de sistemas de drenaje .....	7
2.1.6 Sistemas de Drenajes en Ecuador Banano .....	8
2.1.7 Canales Primarios para Sistemas de Drenaje .....	8
2.1.8 Canales Secundarios y Terciarios.....	9
2.1.9 Estación de Bomba .....	9
2.1.10 Motores para Sistemas de Drenaje.....	10
2.1.11 Técnicas Específicas para Controlar el Agua .....	12

2.1.12 Descripción de Tecnologías Modernas en Gestión del Agua.....	12
2.1.13 Tipos de Maquinaria Agrícola Utilizada en Sistemas de Drenaje para Banano.....	14
2.1.14 Mejoras en la Eficiencia Hídrica.....	15
2.1.15 Estudio suelo para drenaje.....	16
2.1.16 Conductiva hidráulica del estero.....	17
2.1.17 Profundidad a la TA optimo.....	18
2.1.18 Profundidad de la capa impermeable.....	19
2.1.19 Recarga hidráulica de la zona.....	19
2.2 Metodología.....	20
2.3 Resultados.....	20
2.4 Discusión de Resultados.....	21
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	24
3.1 Conclusiones.....	24
3.2 Recomendaciones.....	25
4. REFERENCIAS Y ANEXOS.....	26
4.1 Referencias bibliográficas.....	26
4.2 Anexos.....	37

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Maquinaria Agrícola de Sistemas de Drenaje para el Cultivo de Banano....	15
<b>Tabla 2.</b> Algunas Mejoras en la Eficiencia Hídrica.....	16
<b>Tabla 3.</b> Parámetros y cálculos de mediciones de la conductividad hidráulica .....	18
<b>Tabla 4.</b> Beneficios de los Sistemas de Drenaje .....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diseño De Drenajes Para La Siembra De Plátano.....	37
<b>Figura 2.</b> Limpieza De Canales Secundarios Y Terciarios .....	38

# 1. CONTEXTUALIZACIÓN

## 1.1 Introducción

En el dinámico escenario de la agricultura moderna, la producción de banano, se enfrenta al desafío constante de gestionar eficazmente el agua, especialmente en lo que respecta a los sistemas de drenaje, por lo cual, es necesario un manejo hídrico adecuado esencial para prevenir el exceso de humedad, además de la proliferación de enfermedades y la degradación del suelo, por lo tanto, la implementación de sistemas de drenaje eficientes se convierte en un componente fundamental para asegurar un entorno óptimo de crecimiento y maximizar la productividad de los cultivos de banano.

La producción de banano es un pilar económico y alimentario en muchas regiones tropicales del mundo, con lo cual no solo impulsa economías, sino que también sustenta comunidades enteras, sin embargo, el éxito de esta industria se ve amenazado por desafíos inherentes a su entorno de crecimiento, donde las fluctuaciones pluviales representan una constante preocupación para los productores, con lo cual conlleva riesgos directos en la planta (Zhiminaicela y Col 2020).

Por ende, se enfoca en la implementación estratégica de maquinaria agrícola diseñada específicamente para optimizar los sistemas de drenaje en los cultivos de banano, ya que esta iniciativa busca abordar las complejidades asociadas con el exceso de agua, proponiendo soluciones tecnológicas que no solo mitiguen los riesgos de inundación, sino que también contribuyan al incremento de la productividad y la sostenibilidad en la producción, de esta manera, se pretende mejorar significativamente las condiciones de cultivo y garantizar un entorno propicio para el cultivo banano.

En las últimas décadas, la industria agrícola ha sido testigo de una revolución impulsada por avances tecnológicos que transforman radicalmente la forma en que cultivamos y cosechamos nuestros alimentos, en este sentido, la maquinaria diseñada específicamente para la mejora de los sistemas de drenaje ha sido fundamental para las prácticas agrícolas tradicionales con métodos más eficientes y sostenible, por lo

cual, los productores se encuentran en la convergencia de la ingeniería agrícola y las demandas actuales de un sector agrario en constante evolución (Cadavid & García 2020).

## **1.2 Planteamiento del Problema**

La producción de banano, donde el exceso de agua es innegable, pues a menudo estos cultivos están ubicadas en regiones tropicales propensas a lluvias intensas y condiciones climáticas impredecibles, enfrentan el riesgo constante de inundaciones y encharcamientos, por lo que el excedente de agua no solo amenaza la salud de las plantas de banano, sino que también da paso a una serie de consecuencias adversas que impactan directamente en la rentabilidad de la producción, que puede ser desde la proliferación de enfermedades fúngicas hasta la pérdida de nutrientes del suelo y la erosión, los problemas derivados de la gestión inadecuada del agua están afectando de manera significativa la salud de las plantaciones y la economía de los productores (Serrano y Col 2017).

Este cultivo es uno de los motores clave de la economía agrícola global, se enfrenta a una encrucijada determinante en la gestión de sus sistemas de drenaje, a pesar de ser un cultivo robusto y de gran demanda, se enfrenta la producción de banano se materializa en la carencia de estrategias y herramientas eficientes para gestionar el drenaje, lo que ha creado una necesidad urgente de explorar y aplicar innovaciones, específicamente la implementación de maquinaria agrícola especializada, para abordar este problema crítico.

Por lo cual, en muchos casos, las prácticas tradicionales de drenaje en las plantaciones de banano no han evolucionado al mismo ritmo que las demandas cambiantes y las condiciones climáticas impredecibles ya que la falta de herramientas especializadas y tecnologías adaptadas a las necesidades específicas de la producción bananera ha dejado a los agricultores con métodos convencionales que, si bien pueden haber sido efectivos en el pasado, resultan insuficientes para hacer frente a los desafíos contemporáneos, por lo tanto, radica en la brecha tecnológica y en la falta de adopción de prácticas agrícolas modernas que integren soluciones

avanzadas para la gestión del agua en el cultivo de banano.

### **1.3 Justificación**

La implementación de maquinaria agrícola en los sistemas de drenaje de los cultivos de banano se justifica de manera contundente ante los desafíos cruciales que enfrenta esta industria vital, ya que se encuentra en una coyuntura crítica donde la gestión eficiente del agua se presenta como un factor determinante para su rentabilidad, con la adopción de maquinaria agrícola especializada en sistemas de drenaje no solo es esencial para superar los problemas actuales, sino que también representa una estrategia proactiva para fortalecer el sector.

Por lo cual, la optimización de los recursos hídricos se destaca como una ventaja fundamental de la introducción de maquinaria agrícola, con estas herramientas permiten una gestión más precisa y eficiente del agua en las plantaciones de banano, evitando encharcamientos perjudiciales y asegurando una distribución equitativa del recurso, esta optimización no solo beneficia a los agricultores en términos de eficiencia, sino que también tiene implicaciones directas en la conservación del agua.

La prevención de enfermedades y la pérdida de cultivos representan otro motivo crucial para justificar la implementación de maquinaria agrícola especializada, con el exceso de agua en las plantaciones de banano crea un ambiente propicio para enfermedades fúngicas y bacterianas, por lo cual, con la maquinaria agrícola contribuye significativamente a la prevención de estos problemas al asegurar un sistema de drenaje eficiente que reduce la humedad del suelo, protegiendo así la salud de las plantas y evitando pérdidas considerables en la cosecha.

Con lo cual, las maquinarias agrícolas se posicionan como una herramienta crucial para fortalecer al sector bananero, al evitar situaciones de estrés hídrico o exceso de humedad, las plantas pueden desarrollarse de manera óptima, generando frutas de mayor tamaño, sabor y valor comercial, esto no solo beneficia a los productores al aumentar sus ingresos, sino que también contribuye a la reputación y competitividad del producto en el mercado global.

## **1.4 Objetivos del estudio**

### **1.4.1 Objetivo General**

Caracterizar los sistemas de drenaje en los cultivos de banano en Ecuador.

### **1.4.2 Objetivo Específicos**

- Detallar los sistemas de drenaje más utilizados en la producción de banano en Ecuador.
- Describir los sistemas de drenaje para cultivos de banano, asegurando un manejo adecuado del agua.

## **1.5 Línea de Investigación**

**Dominio:** Recursos Agropecuarios, ambiente, biodiversidad y Biotecnología

**Líneas:** Desarrollo agronómico, agroindustrial sostenible

**Sublínea:** Agricultura sostenible y sustentable

## 2. DESARROLLO

### 2.1 Marco Conceptual

#### 2.1.1 Cultivo de Banano

El cultivo de banano, una de las actividades agrícolas más importantes y extendidas en las regiones tropicales del mundo, ha venido desempeñado un papel crucial en la alimentación y la economía de numerosos países, por ende, este cultivo, conocido científicamente como *Musa*, el cual pertenece a la familia de las *Musáceas* y se caracteriza por que es un fruto de pulpa dulce y nutritiva, por lo cual existen muchas empresas complejas que logran satisfacer las demandas alimenticias, sino también juega un papel destacado en el desarrollo de diversas regiones del mundo, así mismo es importante mantener una gestión adecuada incorporación de prácticas innovadoras para garantizar la sostenibilidad del cultivo (Martínez & Rey 2021).

Aspectos relacionados con el cultivo de banano:

- **Ciclo de Vida del Banano:** El ciclo de vida del banano abarca diversas etapas, desde la germinación de la semilla hasta la madurez de la planta y la producción de racimos (Galan y Col 2018).
- **Técnicas de Plantación:** La plantación del banano requiere cuidados específicos, desde la selección de la variedad hasta la preparación del suelo y la disposición del banano (Galan y Col 2018).
- **Innovaciones y Tendencias:** Incluir prácticas agrícolas más sostenibles y la aplicación de tecnologías avanzadas para mejorar la calidad (Galan y Col 2018).

#### 2.1.2 Desafíos en la Gestión del Agua en las Plantaciones de Banano

La planificación cuidadosa es esencial para evitar tensiones y maximizar el aprovechamiento del recurso hídrico limitado, por lo cual es importante contar con una buena infraestructura de riego, la capacidad de suministrar agua de manera eficiente a las plantaciones de banano se ve muy bien comprometida, por eso es relevante que la inversión en sistemas de riego modernos y sostenibles es esencial para superar estas limitaciones (Carrizosa y Col 1988).

Muchas de las plantaciones de banano son vulnerables a condiciones climáticas extremas, como lluvias intensas o sequías prolongadas, siendo estos eventos climáticos los cuales pueden perturbar el suministro de agua, causando inundaciones o escasez, lo que impacta directamente en la salud de las plantas y la producción, por lo cual, la variabilidad climática añade una capa adicional de complejidad a la gestión del agua (Higuera 2015).

Por eso las prácticas de riego ineficientes representan un problema común en muchas plantaciones de banano, el uso inapropiado de técnicas de riego, como el riego por inundación, puede resultar en pérdidas significativas de agua y contribuir al agotamiento de los recursos hídricos locales, la transición hacia sistemas de riego más eficientes se vuelve imperativa para optimizar el uso del agua y minimizar las pérdidas.

### **2.1.3 Sistemas de Drenaje con Maquinaria Agrícola**

La implementación de maquinaria agrícola en los sistemas de drenaje emerge como una solución innovadora y transformadora, por lo cual la gestión del agua en las plantaciones de banano es un aspecto crítico que influye directamente en la salud y productividad de este cultivo emblemático, por ello se ha visto la necesidad de las tecnologías avanzadas y prácticas agrícolas eficientes que no solo abordan los desafíos asociados al exceso de agua, sino que también impulsa la sostenibilidad y la productividad de las plantaciones (Cortés y Col 2009).

La maquinaria agrícola se convierte en un aliado estratégico en las producciones bananeras para así controlar la gestión del agua en el cultivo de banano, delineando sus múltiples facetas y su impacto óptimo en el rendimiento y abordar los desafíos asociados con el exceso de agua en las plantaciones; por ello, es importante garantizar la salud de las plantas de banano tanto en el desarrollo y en la sostenibilidad a largo plazo de las operaciones agrícolas (Elbehri y Col 2015).

### **2.1.4 Aspectos clave de la aplicación de maquinaria agrícola en sistemas de drenaje para cultivos de banano.**

- **Maquinaria de Excavación y Nivelación:** La maquinaria de excavación y nivelación desempeña un papel fundamental en la creación de canales

de drenajes eficientes en las plantaciones de banano, estas máquinas ayudan a dar forma al terreno, asegurando una pendiente adecuada para el drenaje y evitando la acumulación de agua alrededor de las raíces de las plantas (Vézina 2020).

- **Implementación de Sistemas de Drenaje Subsuperficial:** El uso de maquinaria especializada permite la instalación de sistemas de drenaje subsuperficial, como tuberías de drenaje enterradas, estos sistemas ayudan a eliminar el exceso de agua del suelo, evitando el encharcamiento y proporcionando condiciones de crecimiento óptimas para las raíces del banano (Congope 2018)
- **Maquinaria para la Construcción de Canales de Drenaje:** La construcción de canales de drenaje efectivos es esencial para dirigir el agua de manera controlada, la maquinaria como excavadoras y retroexcavadoras facilita la creación de canales bien definidos, mejorando la capacidad de drenaje y reduciendo el riesgo de inundaciones (López & Rodríguez 1994).

### 2.1.5 Tipos de sistemas de drenaje

Estos son solo algunos ejemplos de los sistemas de drenaje utilizados en los cultivos de banano, por lo cual la elección del sistema adecuado depende de varios factores, como el tipo de suelo, el clima, la topografía y la disponibilidad de recursos, por ende, es importante diseñar e implementar sistemas de drenaje eficientes para garantizar el éxito y la sostenibilidad de las plantaciones de banano (Cuenca 2020).

- ✓ **Drenajes Superficiales:** Estos sistemas consisten en la creación de zanjas o canales en la superficie, permitiendo que el agua fluya y se aleje de las raíces de las plantas de banano.
- ✓ **Drenajes Subterráneos:** Son especialmente útiles en áreas con suelos arcillosos o con problemas de drenaje más profundos.
- ✓ **Drenajes por Gravedad:** Estos sistemas son simples y eficientes, pero requieren un diseño cuidadoso para evitar la erosión.
- ✓ **Sistemas de Bombeo:** En algunas plantaciones de banano, se utilizan

sistemas de bombeo para controlar el nivel de agua en el suelo y evitar la acumulación durante períodos de lluvia intensa.

### **2.1.6 Sistemas de Drenajes en Ecuador Banano**

Ecuador es un país conocido por su producción de banano, dado que los sistemas de drenaje juegan un papel en las plantaciones de esta fruta tropical, ya que se adaptan a las condiciones locales para garantizar un suministro adecuado de agua, se implementan una variedad de sistemas de drenaje adaptados a las necesidades locales para así prevenir inundaciones y encharcamientos, contribuyendo así a la sostenibilidad y productividad de esta industria clave en el país (Villareal 2010).

Los canales primarios son la columna vertebral de estos sistemas, diseñados para recoger y canalizar el agua de lluvia y el exceso de riego lejos de las áreas de cultivo, en algunas ocasiones son revestidos con concreto o revestimientos impermeables, estos canales garantizan un flujo eficiente y constante del agua, además de estos canales también se utilizan canales secundarios y terciarios para distribuir el agua de manera más específica a lo largo de las hileras de banano, con estos canales más pequeños ayudan a evitar el encharcamiento, permiten una irrigación precisa y contribuye al crecimiento saludable de las plantas (FAO 2013).

### **2.1.7 Canales Primarios para Sistemas de Drenaje**

En Ecuador, los sistemas de drenaje para cultivos de banano se adaptan a la topografía, clima y condiciones de cada plantación, pero su propósito es común: manejar el exceso de agua para proteger las plantas y garantizar la productividad, por lo general, se combinan canales primarios y secundarios para este fin, donde los canales primarios, esenciales en la gestión hídrica, se encargan de recolectar y dirigir el agua de lluvia y el exceso de riego lejos de las áreas cultivadas (Sosa y Larrea 2014).

- **Zanjas de Drenaje:** Excavaciones poco profundas, su propósito es recoger y canalizar el agua hacia áreas designadas para su desviación, como canales más amplios.
- **Canales de Concreto:** Son estructuras lineales diseñadas para dirigir el

agua de manera eficiente y prevenir la erosión, se convierten en una opción ideal para sistemas de drenaje en cultivos de banano.

- **Acequias Naturales:** Son cursos de agua o canales preexistentes adaptados para el drenaje de las plantaciones de banano.

### **2.1.8 Canales Secundarios y Terciarios**

Ambos tipos de canales, secundarios y terciarios son diseñados teniendo en cuenta la topografía del terreno y las necesidades hídricas específicas del cultivo de banano, por lo que su construcción y mantenimiento adecuados son fundamentales para evitar problemas como el encharcamiento del suelo, la erosión y el estrés hídrico en las plantas, ya que en conjunto con los canales primarios y otros sistemas de drenaje, los canales secundarios y terciarios contribuyen a mantener un entorno hídrico equilibrado y saludable para el cultivo de banano (Martínez y Col 2019).

Por lo tanto, en los sistemas de drenaje utilizados en el cultivo de banano, los canales secundarios, generalmente más pequeños que los primarios, se encargan de recolectar el agua que fluye desde los canales principales y dirigirla hacia áreas específicas dentro de la plantación, dado que estos canales son fundamentales para asegurar que el exceso de agua no se acumule en zonas sensibles, como las raíces de las plantas de banano (Jiménez y Arias 2021)

Por otro lado, los canales terciarios son aún más pequeños y detallados, ya que estos se ramifican desde los canales secundarios y se utilizan para distribuir el agua de manera precisa a lo largo de las hileras de banano, así mismo este sistema permite una irrigación cuidadosamente controlada, asegurando que cada planta reciba la cantidad adecuada de agua para su crecimiento y desarrollo óptimos (Crespo 2023).

### **2.1.9 Estación de Bomba**

Las estaciones de bombeo se representan como un elemento para asegurar un manejo óptimo del recurso hídrico, con estas estaciones se despliegan estratégicamente en puntos básicos del sistema de drenaje, especialmente en terrenos planos o en áreas donde el agua requiere ser elevada para su adecuada canalización, con la instalación cuidadosa de estas estaciones no solo facilita el control

del flujo de agua, además de que permite una distribución más equitativa y eficiente del agua a lo largo de las plantaciones de banano, con lo que las estaciones de bombeo se convierten en pilares fundamentales para prevenir encharcamientos y asegurar que las plantas reciban el nivel de humedad adecuado para su desarrollo (Coral 2021)

Por lo tanto, la función principal de una estación de bombeo es mover el agua de niveles bajos a niveles más altos, con lo que este proceso resulta esencial para garantizar el funcionamiento eficiente del sistema de drenaje en su conjunto donde al desplazar el agua hacia niveles superiores, las estaciones de bombeo contribuyen significativamente a prevenir el encharcamiento del suelo, permitiendo así que el sistema de drenaje funcione de manera efectiva, además, al evitar la acumulación excesiva de agua alrededor de las raíces, se protege a las plantas de posibles daños e incluso de la muerte por asfixia radicular (Carvajal 2023).

Las estaciones de bombeo en el cultivo de banano desempeñan un papel crucial al seleccionar entre bombas sumergibles o de superficie según la profundidad del agua y la disponibilidad de energía, con la posibilidad de automatizar su funcionamiento para ajustarse a las necesidades del sistema de drenaje, ya que con esta adaptabilidad tecnológica no solo asegura una gestión eficiente del recurso hídrico, distribuyendo el agua equitativamente y respondiendo a las condiciones climáticas variables, sino que también promueve la sostenibilidad ambiental y la productividad agrícola al optimizar el uso del agua y proteger las raíces del banano de posibles daños por exceso de humedad (SoporteDeveloper 2020)

#### **2.1.10 Motores para Sistemas de Drenaje**

En la industria del cultivo de banano, el manejo eficiente del agua es esencial para garantizar el crecimiento saludable y la productividad sostenible de las plantaciones, en este sentido, una parte integral de estos sistemas son los motores utilizados para drenar la acumulación de agua, facilitando así un entorno óptimo para el desarrollo de los bananos, existen diferentes tipos de motores empleados en la agricultura del banano para el drenaje de agua, desde motores a gasolina y diésel

hasta opciones eléctricas, cada uno presenta ventajas únicas que pueden influir en la eficiencia operativa y la sostenibilidad ambiental de las operaciones agrícolas (Guzmán 2010).

Donde cada tipo de motor tiene sus propias características y consideraciones, y la elección del motor más adecuado dependerá de factores como la disponibilidad de combustible, la durabilidad requerida, la disponibilidad de energía eléctrica y las preferencias del operador, por lo cual es importante evaluar cuidadosamente estas consideraciones antes de seleccionar el tipo de motor para drenar el agua en el cultivo de banano, para drenar la acumulación de agua en el cultivo de banano, se pueden utilizar diferentes tipos de motores, cada uno con sus ventajas y consideraciones específicas (Vargas y Col 2017).

- **Motor a Gasolina:** Son versátiles y ampliamente accesibles, siendo ideales para operaciones agrícolas en áreas remotas, su potencia permite manejar eficazmente grandes volúmenes de agua en sistemas de drenaje de banano, no obstante, su funcionamiento requiere un suministro constante de combustible, lo que puede resultar en costos a considerar a largo plazo (Ruiz 2024).
- **Motor Diesel:** Son reconocidos por su eficiencia y resistencia, lo que los hace preferidos en aplicaciones agrícolas y de drenaje, además son especialmente idóneos para tareas pesadas y continuas, como el bombeo de agua en sistemas de drenaje a gran escala, los motores diesel suelen ser más eficientes en términos de consumo de combustible a largo plazo (Huilca y Haro 2019).
- **Motor Eléctrico:** Representan una alternativa más limpia y silenciosa en comparación con los motores de combustión interna, ya que su capacidad para ser alimentados por energía de la red eléctrica o fuentes renovables los hace más sostenibles desde una perspectiva ambiental, no obstante, la disponibilidad de energía eléctrica puede ser un desafío en áreas rurales o remotas, y se necesita una infraestructura eléctrica adecuada para su funcionamiento óptimo (Pancha y Col 2020).

### **2.1.11 Técnicas Específicas para Controlar el Agua**

En la agricultura del banano, la implementación de técnicas específicas e importante en el manejo del agua y en el fomento de un crecimiento saludable de las plantas, con estas prácticas son parte integral de los sistemas de drenaje diseñados para regular el flujo de agua en las plantaciones, asegurando un ambiente óptimo para el desarrollo de los bananos, son métodos estratégicos como el "boquete" y "sangría" ya que con estos se busca optimizar la circulación del aire, prevenir la acumulación de humedad y reducir el riesgo de enfermedades que puedan afectar la salud de las plantas (Orozco 2017).

- **Boquete en los Sistemas de Drenaje de Banano:** Se refiere a una excavación estratégica diseñada para permitir un flujo adecuado de agua en la plantación, ya que estas zanjas canalizan el exceso de agua lejos de las raíces de los bananos, en un sistema de drenaje bien planificado, los boquetes son fundamentales para mantener un equilibrio hídrico adecuado y prevenir problemas de inundación en la plantación de banano (DCI 2017).
- **Sangría en los Sistemas de Drenaje de Banano:** Se refiere a una técnica de poda que busca mejorar la circulación del aire y el drenaje alrededor de las plantas, en esta práctica implica la eliminación selectiva de hojas y brotes de banano que podrían obstruir el flujo de aire y agua, previniendo problemas de humedad y enfermedades, la sangría promueve un crecimiento saludable y reduce el riesgo de daños por exceso de humedad en la plantación de banano (Suárez 2019).

### **2.1.12 Descripción de Tecnologías Modernas en Gestión del Agua**

La gestión del agua en el cultivo de banano es un aspecto crucial para los agricultores, especialmente en regiones donde el recurso hídrico es limitado o susceptible a la escasez estacional, por lo que la alta demanda de agua por parte de las plantas de banano y las necesidades específicas del suelo en términos de drenaje y humedad es fundamental implementar estrategias efectivas de gestión del agua para garantizar un crecimiento saludable y una producción óptima (Intriago 2023).

Una de las principales preocupaciones en la gestión del agua para el cultivo de banano es el equilibrio entre el suministro adecuado de agua y la prevención de problemas como el encharcamiento del suelo y la salinización, por lo que el exceso de agua puede causar la asfixia de las raíces y aumentar el riesgo de enfermedades fúngicas, mientras que la salinización del suelo puede afectar negativamente la absorción de nutrientes por parte de las plantas y reducir la calidad del fruto (Julio 2021).

Para abordar estos desafíos, los agricultores emplean una variedad de técnicas y tecnologías de gestión del agua, dado que esto incluye sistemas de riego eficientes, como el riego por goteo y el riego por aspersión, que permiten una distribución controlada del agua directamente a las raíces de las plantas, además, se utilizan sistemas de drenaje, como zanjas y tuberías subterráneas, para eliminar el exceso de agua y evitar la saturación del suelo (SIAP 2018).

La tecnología también desempeña un papel importante en la gestión del agua para el cultivo de banano, por lo que los sensores de humedad del suelo y los sistemas de monitoreo remoto permiten a los agricultores supervisar las condiciones del suelo y del agua en tiempo real, lo que les permite tomar decisiones informadas sobre el riego y el drenaje, además, la implementación de prácticas de conservación del agua, como la captación de agua de lluvia y el reciclaje de aguas residuales, ayuda a maximizar el uso de este recurso vital (Ojeda y Sinfuentes 2012).

- **Sistemas de Irrigación por Goteo:** Este método de riego suministra agua directamente a las raíces de las plantas a través de tubos o mangueras con pequeños orificios.
- **Sensores de Humedad del Suelo:** Estos dispositivos se colocan en el suelo cerca de las raíces de las plantas y monitorean continuamente los niveles de humedad en el suelo.
- **Sistemas de Riego por Aspersión:** Estos sistemas consisten en rociadores que distribuyen el agua sobre el follaje y el suelo, son útiles para áreas de cultivo de banano más grandes y pueden ser

automatizados.

### **2.1.13 Tipos de Maquinaria Agrícola Utilizada en Sistemas de Drenaje para Banano**

La eficacia de los sistemas de drenaje en las plantaciones de banano depende en gran medida de la maquinaria agrícola utilizada en su instalación y mantenimiento. La topografía del terreno, el clima y la cantidad de precipitación son factores que influyen en el diseño y la implementación de los sistemas de drenaje, y la maquinaria agrícola desempeña un papel fundamental en este proceso (Albiño 2019)

Las excavadoras y retroexcavadoras son algunas de las herramientas más utilizadas en la creación de zanjas de drenaje, por lo tanto, estas máquinas permiten la excavación de zanjas de profundidad y anchura adecuadas para garantizar un drenaje eficiente del agua de lluvia y evitar la saturación del suelo alrededor de las raíces de las plantas de banano.

Una vez excavadas las zanjas, se utilizan instaladores de tuberías para colocar tuberías de drenaje perforadas, con estas tuberías permiten que el agua se drene del suelo y se canalice hacia áreas designadas, evitando el encharcamiento y la acumulación de agua que pueden ser perjudiciales para el cultivo de banano (Senasa 2020).

La nivelación del terreno es otro aspecto importante en la instalación de sistemas de drenaje, las niveladoras y motoniveladoras son utilizadas para crear pendientes suaves y uniformes que permitan que el agua fluya naturalmente hacia los sistemas de drenaje sin estancarse en áreas bajas, la maquinaria agrícola desempeña un papel vital en la instalación y mantenimiento de sistemas de drenaje para el cultivo de banano, con la selección y el uso adecuados de esta maquinaria son fundamentales para garantizar un drenaje eficiente y prevenir problemas relacionados con el exceso de agua, lo que contribuye a la salud y productividad de las plantaciones de banano.

**Tabla 1. Maquinaria Agrícola de Sistemas de Drenaje para el Cultivo de Banano.**

<b>Maquinaria</b>	<b>Función</b>	<b>Ejemplo de Uso</b>
<i>Excavadoras y Retroexcavadoras</i>	Excavación de zanjas y canales de drenaje para dirigir el exceso de agua lejos de las raíces de las plantas de banano.	Creación de sistemas de drenaje adecuados.
<i>Instaladores de Tuberías</i>	Instalación de sistemas de drenaje subterráneo, como tuberías de drenaje perforadas, para drenar el agua del suelo.	Colocación de tuberías a la profundidad y distancia adecuadas.
<i>Maquinaria de Nivelación</i>	Nivelación del terreno para garantizar un drenaje uniforme y eficiente del agua.	Nivelación del suelo y creación de pendientes adecuadas.
<i>Sistemas de Bombeo</i>	Control del nivel de agua en el suelo y prevención de la acumulación durante lluvias intensas.	Bombeo de agua para evitar el encharcamiento del suelo.
<i>Equipos de Compactación del Suelo</i>	Compactación y estabilización del suelo alrededor de las zanjas de drenaje y tuberías.	Compactación del suelo para garantizar la eficacia de los sistemas de drenaje.

**Fuente:** Estrada (2017). Arribas (2017). Adaptado por el autor

#### **2.1.14 Mejoras en la Eficiencia Hídrica**

El agua, un recurso imprescindible para la vida en nuestro planeta, atraviesa desafíos sin precedentes en un contexto de cambio climático y crecimiento poblacional, su gestión eficiente se erige como una prioridad inaplazable, especialmente en la agricultura, donde su consumo es más pronunciado y crítico para la seguridad alimentaria, por lo que la eficiencia hídrica, lejos de limitarse a la reducción del consumo, abarca una transformación integral en la manera en que concebimos y empleamos el agua en la agricultura, se trata de optimizar su utilización, obteniendo el máximo rendimiento de cada gota, mediante prácticas innovadoras, tecnologías avanzadas y una conciencia arraigada de conservación (PROAIN 2023).

En la agricultura, donde la escasez hídrica es una constante, mejorar la eficiencia significa ir más allá de las técnicas convencionales. Desde el empleo de sistemas de riego inteligentes hasta la adopción de cultivos más resistentes a la sequía, el abanico de posibilidades es amplio y prometedor para asegurar una gestión más sostenible del agua, en este contexto nos invita a explorar las estrategias y tecnologías que están transformando la forma en que concebimos y utilizamos el agua

en la agricultura, desde el riego por goteo hasta la reutilización de aguas residuales, la innovación en la eficiencia hídrica es un pilar fundamental para el futuro sostenible de la agricultura y, en última instancia, del planeta (Axayacatl 2021).

**Tabla 2. Algunas Mejoras en la Eficiencia Hídrica**

<b>Mejoras en la Eficiencia Hídrica</b>	<b>Descripción</b>
<i>Riego por Goteo</i>	Sistema de riego que suministra agua directamente a las raíces de las plantas, reduciendo las pérdidas por evaporación y optimizando el uso del recurso hídrico.
<i>Sensores de Humedad del Suelo</i>	Dispositivos que monitorean el contenido de humedad en el suelo, permitiendo un riego más preciso y eficiente al evitar el exceso de agua y la escasez.
<i>Cultivos Tolerantes a la Sequía</i>	Desarrollo de variedades de cultivos que pueden sobrevivir y producir con menos agua, aumentando la resiliencia agrícola ante condiciones de sequía.
<i>Recolección y Reutilización de Aguas Residuales</i>	Práctica que implica la captura y tratamiento de aguas residuales para su uso en actividades agrícolas, reduciendo la demanda de agua fresca.
<i>Tecnologías de Irrigación Inteligente</i>	Sistemas avanzados que utilizan datos climáticos, sensores y algoritmos para programar el riego de manera óptima, minimizando el desperdicio y maximizando la eficiencia.

**Fuente:** Jm (2018) Fao. (2017). Adaptado por el autor

### **2.1.15 Estudio suelo para drenaje**

El suelo para drenaje es un proceso necesario para la planificación y gestión efectiva de sistemas de drenaje en diversas aplicaciones agrícolas, incluido el cultivo de banano, por lo cual, es imperativo una evaluación detallada de las características del suelo, como su textura, estructura, permeabilidad y capacidad de retención de agua, así pudiendo evitar el encharcamiento y determinar su capacidad para el paso del agua; por ende, un manejo eficiente podrá garantizar un crecimiento óptimo del cultivo, además de promover a la productividad y sostenibilidad en el cultivo (Gavilánez 2020).

Según el Ministerio de Agricultura (1984) mencionan que siguiente estudio se llevó a cabo en Perú, en la localización del distrito de riego y drenaje, así como de las zonas de influencia asociadas, con lo que permitió la identificación de las cuencas hidrográficas, conductos, estructuras hidráulicas, transvases y otros elementos

relevantes tanto de manera preliminar como definitiva, con el objetivo de establecer una planificación precisa, eficiente del sistema drenaje en función de las necesidades específicas del terreno donde se vaya a plantear los cultivos, es importante conocer la topografía del área.

El diseño del sistema de drenaje se llevó a cabo considerando una variedad de aspectos de las características particulares del cultivo, como su tipo, tamaño y requerimientos hídricos específicos, asimismo, se tiene que evaluar los espaciados entre los drenes para garantizar una cobertura adecuada y una distribución uniforme del agua drenada; se tienen que elaborar planos detallados para desarrollar un sistema de drenaje, lo que permitirá una gestión eficiente del agua de la finca, lo que a su vez contribuirá al éxito y productividad del cultivo (Armijos 2023)

#### **2.1.16 Conductiva hidráulica del estero**

Es considerada una de las propiedades hídricas más relevantes en la agricultura, ya que depende principalmente de la estructura, textura, materia orgánica, capacidad de campo y contenido de humedad del suelo, por lo que es de suma importancia reconocer el comportamiento de los flujos de agua a través del suelo, ya sean saturados o no saturados, por eso es de fundamental poder estimar las relaciones espaciales entre la conductividad hidráulica y las propiedades físicas del suelo en el cultivo de banano (Eras 2020).

Según Zimmermann & Basile (2014) indica la composición heterogénea de la mayoría de los suelos implica una falta de homogeneidad en sus propiedades, como la conductividad hidráulica, esta juega un papel crucial al determinar la capacidad del suelo para permitir la infiltración del agua a través de sus poros; además, la conductividad hidráulica puede variar dependiendo de las condiciones del suelo, incluyendo tanto estados saturados como no saturados, por ende, es importante comprender estas variaciones en la conductividad hidráulica para gestionar adecuadamente el drenaje para el crecimiento de los cultivos.

Es por ello que, las mediciones de la conductividad hidráulica pueden ser directas e indirectas; las directas implican la evaluación directa del coeficiente de

conductividad hidráulica del suelo, por otro lado, las indirectas proporcionan este valor de manera secundaria, utilizando diferentes métodos y técnicas, ya que con estas metodologías indirectas son útiles cuando las mediciones directas no son factibles o cuando se requiere una evaluación rápida, por eso es importante conocer los métodos de medición más adecuado, ya que depende de varios factores, como la precisión requerida, la disponibilidad de equipo, recursos, y las características del suelo (García 2014).

**Tabla 3.** *Parámetros y cálculos de mediciones de la conductividad hidráulica*

<b>Directos</b>	<b>Indirectos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Carga constante.</li> <li>✓ Carga variable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ A partir de la curva granulométrica</li> <li>✓ A partir de la prueba de consolidación</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Prueba directa en los suelos <i>in situ</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La prueba horizontal de capilaridad</li> </ul>

**Fuente:** García (2014). Adaptado por el autor

### **2.1.17 Profundidad a la TA optimo**

El término se refiere a la profundidad ideal de la tabla de agua en el suelo, que se lo puede definir como productividad del agua o índice de evaluación de la productividad, que va en relación con el agua aplicada por medio de aguas subterráneas, precipitación o ya sea por el riego mismo, es relevante mantener el TA dentro de un rango adecuado y optimo según las condiciones del suelo, ya que este puede afectar directamente a la absorción de agua como la de nutrientes para la planta, por lo que, si esta demasiada alta el agua subterránea esta puede causar problemas de encharcamiento, provocando problemas en las raíces y en la proliferación de enfermedades al cultivo (Guzman 2010).

Para conocer su función, se deben tener en cuenta diversos parámetros que influyen en el cultivo, como variedad de planta, el tipo de suelo, condiciones climáticas y la disponibilidad del agua, por lo tanto, el monitoreo y la gestión cuidadosa de la TA son fundamentales para garantizar condiciones óptimas de crecimiento y rendimiento en las plantaciones de banano; la tabla de agua (TA), juega un papel esencial en el diseño y la eficacia de los sistemas de drenaje utilizados en el cultivo, por lo tanto, es fundamental implementar sistemas de drenaje eficientes que logren regular adecuadamente la TA, asegurando un equilibrio hídrico óptimo para el normal

desarrollo y producción del mismo (Monge y Col 2022).

#### **2.1.18 Profundidad de la capa impermeable**

El drenaje de un suelo es crucial, ya que determina la velocidad a la que se elimina el exceso de agua, donde está estrechamente relacionada con la clase de drenaje, la cual es determinada por una variedad de propiedades del suelo, como su estructura, textura, porosidad; la profundidad de la capa impermeable es la distancia vertical desde la superficie del suelo esta capa, ya que esta puede estar compuesta por (suelos arcillosos compactos, capas de roca densa u otros materiales) que dificulta el movimiento del agua; en donde existen suelos con una capa a menos de 1.5 metros de profundidad, los drenes deben ser diseñados de manera que apenas alcancen esta capa, evitando así la extracción innecesaria de tierra (CONGOPE 2018).

Los estratos de suelo suelen ser heterogéneos, por lo cual es importante considerar una combinación de criterios prácticos y de los estratos al momento de diseñar sistemas de drenaje, en la relación con los niveles de drenes se toma en cuenta la profundidad de la capa impermeable, ya que muchas veces es generalmente desperdiciado a comparación a otros flujos; la función que ejerce esta capa es imperativa para el manejo del agua en el suelo, ya que cuando es muy superficial puede dañar las raíces afectado así la productividad del cultivo y cuando es muy profunda limita la capacidad de retener agua lo que hace que la planta entre en un estrés hídrico y una sequedad excesiva en el suelo (Banchón 2021).

#### **2.1.19 Recarga hidráulica de la zona**

El agua, es considerado como un recurso limitado e insustituible siendo ésta la clave para el bienestar de la humanidad, debido al mal uso del agua y la degradación, generando problemas en la sostenibilidad en los cultivos, en Ecuador tiene relevancia económica el cultivo de banano ya que es uno de los principales en producirse; por lo cual, la recarga hidráulica está influenciada por una variedad de factores, como la geología del terreno y en las precipitaciones, sin embargo para el cultivo es esencial garantizar un suministro de agua constante para el riego como para el drenaje,

logrando así controlar los excesos en épocas lluviosas y aprovechar eficientemente este recurso que contribuye en la industria bananera del país (Cabezas y González 2017).

Por ende, es fundamental a considerar en el diseño y la gestión de sistemas de drenaje en el cultivo de banano, por lo que, se infiltra en el suelo, reponiendo los acuíferos subterráneos y contribuyendo al balance hídrico del área, esta recarga puede verse afectada por factores, como permeabilidad del suelo, presencia de capas impermeables, la topografía y la distribución; con un adecuado sistema de drenaje puede ayudar a controlar el exceso de agua superficial y promover una recarga equilibrada de los acuíferos subterráneos, lo que a su vez puede beneficiar el crecimiento y desarrollo del cultivo (Monge y Col 2022).

## **2.2 Metodología**

La información que se presentará en este documento proviene de fuentes confiables de carácter científico, por lo que el análisis comparativo que se realice será fundamental para la calidad en el marco de un proceso de titulación mediante trabajo complejo. Por otra parte, la información recopilada será seleccionada de manera cuidadosa, para así analizarla y obtener un enfoque completo del tema de estudio, las mismas que favorezcan a los cultivos de banano con la implementación de maquinaria agrícola, para mejorar y fortalecer los sistemas de drenaje.

## **2.3 Resultados**

Los sistemas de drenaje desempeñan un papel importante en los cultivos de banano, tanto en términos de rendimiento como de sostenibilidad, por lo tanto, según Maceda y Col (2024) menciona que en Ecuador figura como uno de los principales productores mundiales de banano, y la gestión adecuada del agua se vuelve imperativa para garantizar el éxito de las plantaciones y la calidad del producto final, por lo que al detallar los sistemas de drenaje más utilizados en la producción de banano, se puede observar una combinación de métodos adaptados a las necesidades específicas de las plantaciones.

Por otro lado, Cuenca (2020) destaca que los sistemas de drenaje más utilizados en la producción de banano incluyen una combinación de métodos tradicionales y modernos, ya que con estos sistemas comúnmente empleados se encuentran los drenajes superficiales, subterráneos y los sistemas de drenaje por gravedad, por ende, Agro (2023) menciona estos sistemas se adaptan a las necesidades específicas de las plantaciones de banano, que van desde zanjas de drenaje, tuberías subterráneas hasta sistemas de bombeo y filtración, permitiendo así un control efectivo del exceso de agua y evitando problemas como la saturación del suelo y la acumulación de sales.

Muchos de elementos se integran de manera estratégica en el terreno para optimizar la evacuación del agua y mantener condiciones óptimas de humedad en las raíces del banano, por lo que Netafim Ecuador (2023) menciona que la gestión del agua presenta desafíos significativos, especialmente debido a las altas demandas hídricas de la planta y a la necesidad de evitar el encharcamiento, que puede ser perjudicial para su desarrollo; además Pereira (2011) sugiere que con la aplicación de maquinaria agrícola en sistemas de drenaje, mejora la eficiencia en el uso del agua, así también aumenta la productividad y promueve la sostenibilidad ambiental al reducir el desperdicio de recursos hídricos.

La maquinaria agrícola se venido desempeñando un papel en la implementación y mantenimiento de los sistemas de drenaje, por lo que con la evolución tecnológica ha introducido nuevas herramientas y técnicas que optimizan la eficiencia y la precisión en la gestión del agua, contribuyendo así a una producción más sostenible y rentable, según Viteri & Tapia (2018) mencionan que en Ecuador ha venido ser fundamental para garantizar la viabilidad económica, la productividad y la sostenibilidad industria agrícola, ya que con la combinación de tecnologías modernas ha sido clave en el desarrollo económico y la evolución continua del cultivos en el país.

## **2.4 Discusión de Resultados**

Los sistemas de drenaje en los cultivos de banano en Ecuador, por lo que diversos autores han abordado la importancia de estos sistemas y su impacto en el

rendimiento y la sostenibilidad de las plantaciones, donde Maceda y Col (2024) resaltan la necesidad imperativa de una gestión adecuada del agua para garantizar el éxito de las plantaciones y la calidad del producto final; en este sentido, Cuenca (2020) destaca la combinación de métodos tradicionales y modernos en los sistemas de drenaje utilizados en la producción de banano, señalando la importancia de adaptarse a las necesidades específicas de las plantaciones.

Los sistemas de drenaje, que incluyen drenajes superficiales, subterráneos y por gravedad, se adaptan a las exigencias del cultivo de banano, como menciona Agro (2023); donde estos sistemas, junto con los componentes como zanjas, tuberías y sistemas de bombeo, facilitan un control efectivo del exceso de agua y previenen problemas como la saturación del suelo por lo que la eficiencia de los sistemas y su impacto en la sostenibilidad y la productividad de la industria bananera, según lo observado por Netafim Ecuador (2023).

Pereira (2011) destaca el papel clave de la maquinaria agrícola en la mejora de la eficiencia del uso del agua en los sistemas de drenaje, lo que repercute en la productividad y la sostenibilidad ambiental ya que ayuda a optimizar la evacuación del agua y mantener condiciones humedad en las raíces del banano con lo cual permite tener una mejora en los recursos hídricos del cultivo sin embargo la implementación tecnológica se ha visto nuevas herramientas y técnicas que optimizan la eficiencia y la precisión en la gestión del agua, por lo que desempeña un papel en la implementación y mantenimiento de los sistemas de drenaje con esto a favor de una producción más sostenible y rentable

Según Viteri & Tapia (2018) mencionan que en Ecuador ha venido ser fundamental para garantizar la viabilidad económica, la productividad y la sostenibilidad industria agrícola, ya que con la combinación de tecnologías modernas ha sido clave en el desarrollo económico y la evolución continua del cultivo en el país, donde la adopción de tecnología en los sistemas de drenaje para el banano es un reflejo del compromiso de la industria con la innovación y la mejora continua, ya que con la integración de sistemas de monitoreo automatizado, sensores de humedad del

suelo, son algunas mejoras que ayudan a optimizar la gestión, también contribuye a la preservación de los recursos naturales y al bienestar a largo plazo de las comunidades agrícolas en el país.

### **3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **3.1 Conclusiones**

Los sistemas de drenaje desempeñan un papel crucial en los cultivos de banano en Ecuador, siendo esenciales tanto para maximizar el rendimiento como para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las plantaciones, ya que con la gestión adecuada del agua se revela como un elemento imprescindible para el éxito de las plantaciones y la calidad del producto final, en este sentido, se observa una diversidad de sistemas de drenaje, desde drenajes superficiales hasta sistemas subterráneos y por gravedad, todos diseñados para ajustarse a las exigencias del cultivo, estos sistemas, complementados con componentes como zanjas, tuberías y sistemas de bombeo, facilitan un control eficiente del exceso de agua, evitando problemas como la saturación del suelo.

La evolución tecnológica ha permitido la introducción de nuevas herramientas y técnicas que optimizan la gestión del agua, promoviendo una producción más sostenible y rentable en las plantaciones de banano, donde la adopción de estas tecnologías refleja el compromiso de la industria agrícola con la innovación y el desarrollo continuo de prácticas más eficientes y respetuosas con el medio ambiente, dado que el uso de estos métodos contribuyen significativamente a mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de los sistemas de drenaje en el cultivo de banano en Ecuador.

Los sistemas de drenaje en el cultivo de banano son de importancia para asegurar un entorno propicio para obtener un crecimiento y desarrollo óptimo de las plantaciones del cultivo ya que con un buen manejo se puede llegar a maximizar el rendimiento y la calidad del producto final, con lo que este tipo de prácticas y tecnologías más eficientes y respetuosas con el medio ambiente demuestra el bienestar de las comunidades agrícolas en el país, los sistemas de drenaje en el cultivo de banano en Ecuador representan un componente esencial para garantizar la productividad, la calidad y la sostenibilidad a largo plazo de la industria bananera.

### **3.2 Recomendaciones**

El cultivo de banano es una actividad agrícola de gran importancia económica y social en muchas regiones del mundo, incluido Ecuador, uno de los principales productores a nivel mundial, sin embargo, para garantizar la productividad y la sostenibilidad a largo plazo de las plantaciones de banano, es fundamental prestar atención a los sistemas de drenaje ayudan al mantenimiento relacionado con el exceso de agua, en este sentido, se hace evidente la necesidad de desarrollar y aplicar estrategias efectivas para mejorar los sistemas de drenaje en las plantaciones de banano.

Aquí se presentan una serie de recomendaciones orientadas a optimizar los sistemas de drenaje en el cultivo de banano, con el objetivo de maximizar la productividad, proteger el medio ambiente y promover la sostenibilidad de la industria bananera.

- ✓ Realizar una planificación exhaustiva antes de implementar los sistemas de drenaje en las plantaciones de banano.
- ✓ Combinar diferentes métodos de drenaje (superficiales, subterráneos o por gravedad) según las características del suelo y el entorno.
- ✓ Mantenimiento de zanjas y tuberías, además de su reparación o reemplazo de componentes dañados.
- ✓ Implementar el uso de sensores y tecnología de monitoreo remoto puede facilitar esta tarea y permitir una respuesta rápida ante cualquier anomalía.
- ✓ Adoptar prácticas agrícolas sostenibles que minimicen el impacto ambiental de los sistemas de drenaje.

## 4. REFERENCIAS Y ANEXOS

### 4.1 Referencias bibliográficas

- Agro, P. 2023. Sistemas de drenaje para plantaciones se convierten en solución ante fuertes lluvias. *AGROPERÚ Informa*. Consultado el 4 de febrero de 2024, de <https://www.agroperu.pe/sistemas-de-drenaje-para-plantaciones-se-convierten-en-solucion-ante-fuertes-lluvias/>
- Albiño, J. 2019. Influencia del cambio climático en la producción de los cultivos de cacao en el cantón Shushufindi. *Repositorio Universidad Andina Simón Bolívar. Edu.ec*. Consultado 16 de febrero de 2024. Disponible <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6890/1/T2970-MCCSD-Albi%C3%B1o-Influencia.pdf>
- Armijos, C. 2023. Diseño de un sistema de drenaje para el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*), en la parroquia los encuentros, Cantón Yantzaza, Provincia de Zamora Chinchipe. *Repositorio Universidad Nacional de Loja. Facultad Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables. Edu.ec*. Consultado el 14 de marzo de 2024. Disponible [https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/27802/1/CristinaJudith\\_ArmijosJim%C3%A9nez.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/27802/1/CristinaJudith_ArmijosJim%C3%A9nez.pdf)
- Arribas, P.2017. Diseño De Un Sistema De Drenaje Y De Riego Eficiente Para Una Finca Agrícola En Chone (Ecuador). *Repositorio Universidad Politécnica De Valencia. Upv.es*. Consultado 17 de febrero de 2024. Disponible [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/86988/00\\_MEMORIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/86988/00_MEMORIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Axayacatl, O. 2021. Beneficios de la tecnificación del riego en la agricultura. *Com.mx*. Consultado 19 de febrero de 2024. Disponible <https://www.netafim.com.mx/blog/Beneficios-de-la-tecnificacion-del-riego-en-la-agricultura/>

- Banchón, J. 2021. Diseño de un sistema de riego por aspersión en cultivo de banano para la “Finca El Garrido” ubicada en Calichana, Cantón Pasaje, Provincia Del Oro. *Repositorio Universidad Estatal Península De Santa Elena. Edu.ec*. Consultado el 14 de marzo de 2024. Disponible <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6363/1/UPSE-TIA-2021-0079.pdf>
- Cabezas, M., & González, D. 2017. Determinación de La Huella Hídrica Y del Agua Virtual En Una Plantación de Banano Como Producto de Exportación En La “Finca Santa Narcisa” en el cantón la concordia, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. *Repositorio Escuela Politécnica Nacional. Edu.ec*. Consultado el 14 de marzo de 2024. Disponible <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17185/1/CD-7701.pdf>
- Cadavid, V. & García, F. 2020. Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante IOT en los cultivos urbanos de la fundación mujeres empresarias Marie Poussepin. *Repositorio Niversidad Católica De Colombi. Edu.Co*. Consultado 15 de febrero de 2024. Disponible <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/5dbe9100-e30b-4c32-a627-a0492baa7f56/content>
- Carrizosa, J., Rofman, A., Torres, S., Martín, J., & Leyton, J. 1988. LA DIMENSIÓN AMBIENTAL EN LA PLANIFICACIÓN DEL DESARROLLO. *Instituto Nacional de Desarrollo del Perú. Instituto Nacional de Desarrollo del Perú. Cepal.org*. Consultado 15 de febrero de 2024. Disponible <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/460a85d8-be1e-479c-9371-773876b6e372/content>
- Carvajal, A. 2023. Encaminados para evitar la asfixia radicular. *Redagrícola*. Consultado 25 de febrero de 2024. Disponible <https://redagricola.com/encaminados-para-evitar-la-asfixia-radicular/>

- Congope. 2018. Manual técnico para el diseño de sistemas de drenaje en suelos agrícolas del Ecuador. *Issuu. Congope (Consortio de gobiernos autonomos provinciales del ecuador)* Consultado 15 de febrero de 2024. Disponible [https://issuu.com/cncecuador/docs/manual\\_te\\_cnico\\_para\\_el\\_disen\\_o\\_de\\_](https://issuu.com/cncecuador/docs/manual_te_cnico_para_el_disen_o_de_)
- CONGOPE. 2018. Manual técnico para el diseño de sistemas de drenaje en suelos agrícolas del ecuador. *Consejo nacional de competencias. Consortio de gobiernos autónomos provinciales del Ecuador. Gob.ec.* Consultado el 14 de marzo de 2024. Disponible <http://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2021/03/MANUAL-TE%CC%81CNICO-PARA-EL-DISEN%CC%83O-DE-SISTEMAS-DE-DRENAJE-EN-SUELOS-AGRI%CC%81COLAS-DEL-ECUADOR.pdf>
- Coral, B. 2021. Sostenibilidad de recursos hídricos y transformaciones en modelos agrarios comunales en ecuador. El caso de Poza Honda 1970-2010 Manabí Ecuador: un caso desde el análisis de la economía institucional. *Repositorio Universidad de Valladolid. Uva.es.* Consultado 25 de febrero de 2024. Disponible <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/51981/Tesis1936-220210.pdf?sequence=1>
- Cortés M., Álvarez M., & González, H. 2009. La mecanización agrícola: gestión, selección y administración de la maquinaria para las operaciones de campo. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, vol. 4. *Universidad CES. Medellín, Colombia.* Consultado 15 de febrero de 2024. Disponible <https://www.redalyc.org/pdf/3214/321428102015.pdf>
- Crespo, C. 2023. El drenaje agrícola: Tipos y descripción. *Agronotips. Portalfruticola.com.* Consultado 25 de febrero de 2024. Disponible <https://www.portalfruticola.com/noticias/2023/08/22/el-drenaje-agricola-tipos-y-descripcion/>
- Cuenca, E. 2020. Diseño de un sistema de drenaje, empleando la ecuación de ernst para el cultivo de banano, Machala - El Oro. *Repositorio UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador. Edu.ec.* Consultado

17 de febrero de 2024. Disponible  
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15536>

DCI. 2017. Anexo 10: Charla conceptos básicos de drenaje para banano. *Consortio AGRER – AECOM – TRANSTE. Ditisa.net*. Consultado 25 de febrero de 2024. Disponible <https://www.ditisa.net/download.php?fcod=5ff4777d0ed2c>

Elbehri, A., Calberto, G., Staver, C., Hospido, A., Roibas, L., Skully, D., Siles, P., Arguello, J., Sotomayor, I. & Bustamante, A. 2015. Cambio climático y sostenibilidad del banano en el ecuador: evaluación de impacto y directrices de política. *Organización De Las Naciones Unidas Para La Alimentación Y La Agricultura. Fao.org*. Consultado 15 de febrero de 2024. Disponible <https://www.fao.org/3/i5116s/i5116s.pdf>

Eras, R. 2020. Estimación de las Relaciones Espaciales Entre La Conductividad Hidráulica Y Las Propiedades Físicas del Suelo En El Cultivo de Banano. *Repositorio Universidad Tecnica De Machala - Facultad De Ciencias Agropecuarias Carrera De Ingeniería Agronómica. Edu.Ec*. Consultado el 14 de marzo de 2024. Disponible <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15539/1/TTUACA-2020-IA-DE00007.pdf>

Estrada, L. 2017. Diseño De Drenajes Para La Siembra De Plátano; Empresa Top Green S.A.; Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. *Biblioteca Virtual Universidad Rafael Landívar Facultad De Ciencias Ambientales Y Agrícolas. Edu.gt*. Consultado 11 de febrero de 2024. Disponible <http://biblio3.url.edu.gt/publijrcifuentes/TESIS/2018/06/17/Estrada-Lusvin.pdf>

Estrada, L. 2017. Diseño de Drenajes para la Siembra de Plátano; Empresa Top Green S.A.; Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla Sistematización de Práctica Profesional. *Biblioteca Virtual Universidad Rafael Landívar. Edu.gt*. Consultado 15 de febrero de 2024. Disponible <http://biblio3.url.edu.gt/publijrcifuentes/TESIS/2018/06/17/Estrada-Lusvin.pdf>

- FAO. 2013. Captación Y Almacenamiento De Agua De Lluvia Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. *Organización De Las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Oficina Regional De La Fao para América Latina y el Caribe. Fao.org*. Consultado 25 de febrero de 2024. Disponible <https://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf>
- Fao. 2017. Huella hídrica de la industria bananera. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Fao.org*. Consultado 17 de febrero de 2024. Disponible <https://www.fao.org/world-banana-forum/projects/good-practices/water-footprint/es/>
- Galan, V., Rangel, A., Lopez, J., Hernandez, J., Sandoval, J., & Rocha, H. S. 2018. Propagación del banano: técnicas tradicionales, nuevas tecnologías e innovaciones. *Revista brasileira de fruticultura*, 40(4). Consultado 15 de febrero de 2024. Disponible <https://doi.org/10.1590/0100-29452018574>
- García, R. 2014. Los Límites de la Ley de Darcy. *Repositorio Universidad Nacional de Colombia. Edu.co*. Consultado el 14 de marzo de 2024. Disponible <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/51282>
- Gavilánez, F. 2020. El drenaje agrícola y sus elementos de diseño. *Researchgate Universidad Agraria del Ecuador*. Consultado el 14 de marzo de 2024. Disponible [https://www.researchgate.net/publication/362960297\\_El\\_drenaje\\_agricola\\_y\\_sus\\_elementos\\_de\\_diseno](https://www.researchgate.net/publication/362960297_El_drenaje_agricola_y_sus_elementos_de_diseno)
- Guzman, S. 2010. Evaluación de la productividad del agua en el cultivo de banano (*Musa Aaa Simmonds*) para la zona de santa Marta por el medio de la variación de 3 coeficientes de cultivo (kc). *Repositorio Universidad Nacional De Colombia. Edu.Co*. Consultado el 14 de marzo de 2024. Disponible <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7535/822100.2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guzmán, S. 2010. Evaluación de la productividad del agua en el cultivo de banano (*mussa spp*) para la región del magdalena por medio de la variación de tres

coeficientes de cultivo(kc). *Universidad Nacional De Colombia Facultad De Ingeniería. Edu.co*. Consultado 25 de febrero de 2024. Disponible <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7535/822100.2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Higuera, C. 2015. HACIA DÓNDE VA LA CIENCIA EN MÉXICO Ecosistemas, Plagas y Cambio Climático Realizado por Centro Geo. *Researchgate.net*. Consultado 15 de febrero de 2024. Disponible [https://www.researchgate.net/profile/Eduardo-Garrido-Ramirez/publication/292985144\\_BANANOS\\_Y\\_PLATANOS\\_FRENTE\\_AL\\_CAMBIO\\_CLIMATICO/links/56b40cdb08ae636a540d24b0/BANANOS-Y-PLATANOS-FRENTE-AL-CAMBIO-CLIMATICO.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Eduardo-Garrido-Ramirez/publication/292985144_BANANOS_Y_PLATANOS_FRENTE_AL_CAMBIO_CLIMATICO/links/56b40cdb08ae636a540d24b0/BANANOS-Y-PLATANOS-FRENTE-AL-CAMBIO-CLIMATICO.pdf)

Huilca, A., & Haro, S. 2019. Análisis de la eficiencia de un motor diésel, mediante el estudio estadístico de fallos de filtros de combustible. *Revista Ciencia Digital*, 3(3), 431–445. Consultado 25 de febrero de 2024. Disponible <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.660>

Intriago, G. V. 2023. El agua en la agricultura de Ecuador. *Linkedin.com*. Consultado 11 de febrero de 2024. Disponible <https://es.linkedin.com/pulse/el-agua-en-la-agricultura-de-ecuador-geomar-v%C3%A9lez-intriago>

Jiménez, J., & Arias., N. 2021. Aspectos básicos para el conocimiento de sistemas de drenajes y su mantenimiento en el cultivo de la palma de aceite. *Cenipalma. Fedepalma.org*. Consultado 25 de febrero de 2024. Disponible <https://repositorio.fedepalma.org/bitstream/handle/123456789/141164/Aspectos%20b%C3%A1sicos%20para%20el%20conocimiento%20de%20sistemas%20de%20drenajes%20y%20su%20mantenimiento.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Jm. 2018. Uso eficiente Del Agua en la producción DE banano. *Ebizar.com*. Consultado 19 de febrero de 2024. Disponible <https://banano.ebizar.com/como-ahorrar-agua-en-la-produccion-de-banano/>

- Julio, C. A. 2021 Gestión y manejo del agua en la agricultura. *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. ica.int*. Consultado 13 de febrero de 2024. Disponible <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/19866/CDHN22038298e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López S., & Rodríguez, C. 1994. Evaluación del sistema de drenaje en canal abierto en el cultivo de banano (Musa Aaa) en la finca la bomba. *Universidad Del Magdalena. Core.ac.uk*. Consultado 15 de febrero de 2024. Disponible <https://core.ac.uk/download/pdf/270124311.pdf>
- Maceda, P., Silva, B., Quevedo, J., & García, R. 2024. Evaluación de soluciones nutritivas enfocadas en el desarrollo de retorno en el cultivo de banano. *Revista Científica Multidisciplinaria de la Universidad Metropolitana de Ecuador. Volumen 7 | Número 1. Edu.ec*. Consultado 2 de febrero de 2024. Disponible <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/download/790/793>
- Martínez, G., & Rey, J. 2021. Bananos (Musa AAA): Importancia, producción y comercio en tiempos de Covid-19. *Universidad de Costa Rica. Agronomía Mesoamericana, vol. 32. Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Redalyc.org*. Consultado 15 de febrero de 2024. Disponible <https://www.redalyc.org/journal/437/43768194023/html/>
- Martínez, V., Medina, I., Mira, V., & Moya, R. 2019. Estudio de viabilidad de inversión agrícola para la producción de plátano cuerno enano en la zona norte del municipio de Metapán. *Repositorio Universidad De El Salvador. Edu.sv*. Consultado 25 de febrero de 2024. Disponible <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/21004/1/ESTUDIO%20DE%20VIABILIDAD%20DE%20INVERSI%3%93N%20AGR%3%8DCOLA%20PARA%20LA%20PRODUCCI%3%93N%20DE%20PLATANO%20CUERNO%20ENANO.pdf>
- Ministerio de Agricultura. 1984. Estudio de suelos con fines de drenaje: Valle Santa – Lacramarca. *Repositorio digital de recursos hídricos de Perú. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional de Ampliación de la Frontera Agrícola (INAF)*.

*Proyecto Especial de Rehabilitación de Tierras Costeras (REHATIC)*. Consultado el 14 de marzo de 2024. Disponible <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/128>

Monge-Freile, M. F., Álvarez-Sánchez, A. R., Batista-Casaco, A. R., & Santana Alvarado, W. H. 2022. Necesidades hídricas del cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) variedad Williams. *Revista Ciencia y Tecnología*, Vol 15. Consultado el 14 de marzo de 2024. Disponible <https://doi.org/10.18779/cyt.v15i2.581>

Netafim Ecuador. 2023. Cultivo de Banano en Ecuador: Optimizando el Riego con Sistemas de Goteo y Aspersores. *Netafim (Orbia Business grupo de Agricultura de Precisión)*. *LinkedIn*. Consultado el 2 de febrero de 2024, de <https://es.linkedin.com/pulse/cultivo-de-banano-en-ecuador-optimizando-el-riego-con>

Ojeda, W & Sinfuentes, E. 2012. Adaptación al cambio climático: efectos del cambio climático en los recursos hídricos. *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Biopasos.com*. Consultado 11 de febrero de 2024. Disponible <https://www.biopasos.com/biblioteca/Adaptacion%20agricultura%20riego.pdf>

Oñate, J. s/f. INGENIERIA APLICADA AL SISTEMA DE RIEGO EN BANANERAS (II). *Biotech Global - Riego Bananeras II*. *Biotech-global.com*. Consultado 24 de febrero de 2024. Disponible <https://biotech-global.com/fumiga/page35.html>

Orozco, J. 2017. Análisis del Potencial Exportador de la Empresa Hidrocart S.A.S, Ubicada en el Municipio de Tuluá Valle del Cauca. *Repositorio Unidad Central Del Valle del Cauca Comercio Internacional. Edu.co*. Consultado 25 de febrero de 2024. Disponible <https://repositorio.uceva.edu.co/bitstream/handle/20.500.12993/1843/T00030573.pdf?sequence=1>

Pancha, J., Romero, V., & Rojas, E. 2020. Implementación de un motor eléctrico para unidades fluviales ligeras de transporte. *Revista Polo del Conocimiento*

*Ciencias técnicas y aplicadas Artículo de investigación*. Consultado 25 de febrero de 2024. Disponible <https://doi.org/10.23857/pc.v5i6.14>

Pereira, C., Maycotte, C., Restrepo, B., Dr. Francesco, M., Calle, A., & Esther, M. 2011. MAQUINARIA agrícola 1. *Europeaid Cooperation Office. Univerdiad En El Campo. Edu.mx*. Consultado 4 de febrero de 2024. Disponible [https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4778/maquinaria\\_agricola.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4778/maquinaria_agricola.pdf)

PROAIN. 2023. La importancia de medir la huella hídrica en la agricultura. *ProainShop*. Consultado 17 de febrero de 2024. Disponible <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/la-importancia-de-medir-la-huella-hidrica-en-la-agricultura>

Ruiz, J. 2024. Máquinas y motores agrícolas. *Repositorio Universidad Rural De Guatemala. Edu.gt*. Consultado 25 de febrero de 2024. Disponible <https://urural.edu.gt/wp-content/uploads/2024/02/Manual-Maquinas-y-motores-Agr.pdf>

Senasa. 2020. Guía para la implementación de buenas prácticas agrícolas (bpa) para el cultivo de plátano. *Plataforma de estado peruano. Gob.pe*. Consultado 16 de febrero de 2024. Disponible <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2020/07/Guia-BPA-PLATANO.pdf>

Serrano, S., Reisancho, A., Lizano, R., Borbor, M., & Stewart, A. 2017. Análisis de inundaciones costeras por precipitaciones intensas, cambio climático y fenómeno de El Niño. Caso de estudio: Machala. LA GRANJA. *Revista de Ciencias de la Vida. Universidad Politécnica Salesiana Redalyc.org*. Consultado 14 de febrero de 2024. Disponible <https://www.redalyc.org/journal/4760/476051632004/html/>

SIAP. 2018. En la agricultura, los sistemas de riego son utilizados para un aprovechamiento óptimo del agua. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (SIAP)gob.mx*. Consultado 13 de febrero de 2024. Disponible

<https://www.gob.mx/siap/articulos/en-la-agricultura-los-sistemas-de-riego-son-utilizados-para-un-aprovechamiento-optimo-del-agua?idiom=es>

SoporteDeveloper. 2020. Selección de bombas en sistemas de riego. *Inducom Bolivia*. Consultado 25 de febrero de 2024. Disponible <https://inducom.com.bo/seleccion-de-bombas-es-sistemas-de-riego/>

Sosa, B., & Larrea, D. 2014. La tecnificación de la agricultura familiar bajo riego en Ecuador “La Tecnificación del Riego”. *Grupo de Trabajo que lideró el proceso, en particular a CESA. Foro de los Recursos Hídricos. Camaren.org*. Consultado 25 de febrero de 2024. Disponible <https://www.camaren.org/documents/archivo2.pdf>

Suárez, A. 2019. Calidad agrícola y sostenibilidad. *Revista agroecosistemas. Edu.cu*. Consultado 25 de febrero de 2024. Disponible <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/download/374/354/>

Torres, S. 2012. Manual banano. *Calameo. Peru*. Consultado 25 de febrero de 2024. Disponible <https://www.calameo.com/read/006266335527755b46f7c>

Vargas, A., William, W., Morales, M., & Vignola, R. 2017. Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de Banano en Costa Rica. *Corporación Bananera Nacional CORBANA, del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Gob.hn*. Consultado 25 de febrero de 2024. Disponible [https://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo\\_5\\_Manual\\_de\\_Riego\\_y\\_Drenaje.pdf](https://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo_5_Manual_de_Riego_y_Drenaje.pdf)

Vézina, A. 2020. Manejo del agua. *Improving the understanding of banana*. Consultado 15 de febrero de 2024. Disponible <https://www.promusa.org/Manejo+del+agua>

Villareal, J. 2010. Determinación de un índice de calidad del suelo en áreas de producción de banano (Masa X Paradisiaca L.) de la vertiente del Pacífico de Panamá. *Repositorio Universidad De Lleida Escola Técnica Superior D'Enginyeria Agraria. Tdx.cat*. Consultado 25 de febrero de 2024. Disponible <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8246/Tjjevn1de1.pdf?sequence=1>

- Viteri, M., & Tapia, M., 2018. Economía ecuatoriana: de la producción agrícola al servicio. *Revistaespacios.com*. Consultado 15 de febrero de 2024. Disponible <https://www.revistaespacios.com/a18v39n32/a18v39n32p30.pdf>
- Yupangui, M. 2016. Métodos utilizados para evitar el pardeamiento enzimático y no enzimático en el puré de banano en la industria alimenticia. *Repositorio Universidad Técnica de Machala (UTMACH). Edu.ec*. Consultado 15 de febrero de 2024. Disponible <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/7588>
- Zhiminaicela J., Quevedo J., & García R. 2020. La producción de banano en la Provincial de El Oro y su impacto en la agrobiodiversidad. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*. Consultado 15 de febrero de 2024. Disponible <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/download/327/350>
- Zimmermann, E., & Basile, P. 2014. Metodología de agregación para estimar conductividades hidráulicas en suelos heterogéneos insaturados. *Scielo. Tecnología y ciencias del agua. Org.mx*. Consultado el 14 de marzo de 2024. Disponible [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222014000400003](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222014000400003)

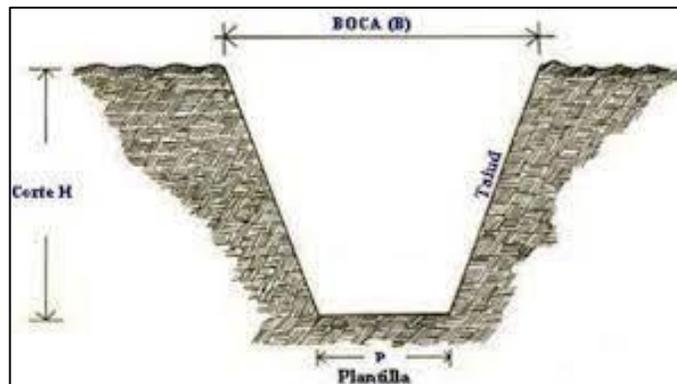
## 4.2 Anexos

**Tabla 4. Beneficios de los Sistemas de Drenaje**

<b>Aspecto</b>	<b>Descripción</b>
<b>Mejora del Drenaje del Suelo</b>	Los sistemas de drenaje bien diseñados permiten eliminar el exceso de agua del suelo, evitando la saturación y el encharcamiento.
<b>Reducción del Riesgo de Enfermedades</b>	Con la reducción de los excesos de agua se evita la proliferación de patógenos y microorganismos que pueden causar enfermedades en las plantas de banano.
<b>Aumento de la Productividad</b>	Se puede mejorar la disponibilidad de oxígeno en el suelo y facilitar la absorción de nutrientes, lo que puede resultar en un mayor crecimiento y rendimiento del cultivo.
<b>Prevención de la Erosión del Suelo</b>	El control adecuado del agua ayuda a prevenir la erosión del suelo, protegiendo así la estructura del suelo y reduciendo la pérdida de nutrientes esenciales.
<b>Mayor Resistencia a Condiciones Climáticas Extremas</b>	Se puede ayudar a mitigar los impactos de eventos climáticos extremos, como fuertes lluvias o sequías, al mantener un equilibrio adecuado de humedad en el suelo.

Fuente: Torres (2012) Guía práctica para el manejo de banano orgánico en el valle de Chiriquí. Adaptado por el autor.

**Figura 1. Diseño De Drenajes Para La Siembra De Plátano**



Fuente: (Estrada 2017).

**Figura 2.** Limpieza De Canales Secundarios Y Terciarios



**Fuente:** (Oñate s/f).