



**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:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

Calidad del agua para riego en la producción del cultivo de banano  
(*Musa AAA*).

**AUTOR:**

José Luis Martínez Castro

**TUTOR:**

Ing. Agr. Oscar Guido Caicedo Camposano

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

**2024**

## RESUMEN

La calidad y cantidad de las aguas son medidas que conforman el sistema ambiental, destinado para el cálculo de la sostenibilidad ambiental, incluyendo indicadores reconocidos y aprobados por la ONU para precisar un desarrollo sostenible. Para determinar la calidad del agua se debe hacer análisis en el laboratorio, estudiando sus propiedades químicas, físicas y biológicas. En la provincia de Los Ríos, Ecuador, se presenta una complicación creciente debido a la disminución de la calidad de agua que se utiliza para el riego en la producción de banano, afectando en la productividad y calidad de la fruta. Por lo cual, este trabajo es de vital importancia debido a su contenido teórico, ya que, la industria bananera es un pilar económico para la provincia y el Ecuador. De esta manera, este trabajo tuvo como objetivo analizar la relación entre la calidad del agua para riego y los sistemas de producción de banano en la provincia de Los Ríos, Ecuador. Realizada mediante la recopilación de información de artículos científicos, sitios webs, google académico y bibliotecas virtuales. Teniendo como resultados que, la calidad del agua para riego es crucial en los sistemas de producción de banano *Musa* AAA, ya que influye directamente en el rendimiento y la salud de las plantas, y que los contaminantes pueden causar enfermedades en las plantas de banano, debilitándolas y reduciendo su productividad. Concluyendo en que, la calidad del agua para riego es esencial en la producción de banano, y el uso de agua contaminada provoca enfermedades, afectando la calidad y cantidad de la cosecha.

**Palabras claves:** Agua, Banano, Calidad, Contaminantes, Producción

## SUMMARY

The quality and quantity of water are measures that make up the environmental system, intended for the calculation of environmental sustainability, including indicators recognized and approved by the UN to specify sustainable development. To determine the quality of water, analysis must be done in the laboratory, studying its chemical, physical and biological properties. In the province of Los Ríos, Ecuador, there is a growing complication due to the decrease in the quality of water used for irrigation in banana production, affecting the productivity and quality of the fruit. Therefore, this work is of vital importance due to its theoretical content, since the banana industry is an economic pillar for the province and Ecuador. In this way, this work aimed to analyze the relationship between the quality of irrigation water and banana production systems in the province of Los Ríos, Ecuador. Carried out by collecting information from scientific articles, websites, Google Scholar and virtual libraries. Taking into account that the quality of water for irrigation is crucial in Musa AAA banana production systems, since it directly influences the performance and health of the plants, and that contaminants can cause diseases in banana plants, weakening them and reducing their productivity. Concluding that, the quality of water for irrigation is essential in banana production, and the use of contaminated water causes diseases, affecting the quality and quantity of the harvest.

**Keywords:** Water, Banana, Quality, Pollutants, Production

## Índice de contenido

1.CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1. Objetivo general .....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Líneas de investigación .....	3
2. DESARROLLO .....	4
2.1 Marco conceptual.....	4
2.1.1 Calidad de agua .....	4
2.1.2. Indicadores de la calidad del agua.....	5
2.1.3. Diagrama de Wilcox .....	7
2.1.4. Método de la FAO para determinar calidad del agua .....	9
2.1.5. Carbonato de Sodio Residual (CSR) .....	9
2.1.6. Estudios de calidad de las aguas de ríos para el riego .....	10
2.1.7. Estudios de calidad de las aguas en Ecuador .....	10
2.1.8. Influencia de la calidad del agua de riego sobre la producción de banano en la provincia de Los Ríos .....	12
2.1.9. Importancia de la calidad del agua para riego en los sistemas de producción de banano. ....	13
2.1.10. Efectos negativos en la calidad del agua para riego en los sistemas de producción agrícola de banano. ....	14
2.2. Marco metodológico.....	16
2.3. Resultados .....	17
2.4 Discusión de resultados.....	18
3.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	19

3.1. Conclusiones .....	19
3.2. Recomendaciones .....	19
4.REFERENCIAS Y ANEXOS .....	20
4.1. Referencias bibliográficas.....	20
4.2. Anexos .....	27

## Tabla de figuras

Figura 1: Diagrama modificado de Wilcox .....	8
Figura 2: Calidad de las aguas en la subcuenca del rio coca .....	11
Tabla 1. Concentración de iones sodio, cloro y boro que pueden provocar problemas de toxicidad. ....	7
Tabla 2. Indicadores de idoneidad de las aguas para su uso en riego agricola .....	7
Tabla 3. Clasificación de la idoneidad de las aguas para el riego, descritos con la metodología de la FAO .....	9

# 1.CONTEXTUALIZACIÓN

## 1.1. Introducción

En el Ecuador se presenta 432 000 hm<sup>3</sup> de agua disponible en los sistemas hidrográficos en estación húmeda, mientras que en estación seca se alcanza hasta los 146 000 hm<sup>3</sup> a causa de las precipitaciones temporales y la irregularidad de la distribución espacial, teniendo en cuenta que la disponibilidad de agua para el país es solo 147 000 hm<sup>3</sup>, representando el 34 %; por otra parte, estos recursos hídricos del país son malgastados (Caicedo *et al.* 2015).

La provincia de Los Ríos tiene una gran distribución fluvial, abarcando en su territorio 379 cuerpos hídricos entre ellos, ríos, esteros, lagos, lagunas, humedales y riachuelos, albardas, etcétera; dentro de esta provincia se practican labores de explotación agrícola como lo es la producción del cultivo de banano, teniendo gran importancia económica; estos agroecosistemas necesitan de grandes inversiones de infraestructura, entre estas se encuentra el riego, el drenaje (Balmaseda *et al.* 2015).

La calidad y cantidad de agua son medidas que conforman el sistema ambiental, para calcular el índice de sostenibilidad del ambiente, siendo este considerable para proteger el medio ambiente, en estos constan indicadores que han sido reconocidos y aprobados por la Organización Mundial de las Naciones Unidas para precisar un desarrollo sostenible (Caicedo *et al.* 2019).

La calidad del agua no es una medida fija, sino que se acomoda a la variación entre el espacio y tiempo, dependiendo el fin a utilizarse, de manera que el umbral para el consumo humano es más estricto que para el uso de la producción agropecuaria; la calidad de agua provenientes de fuentes superficiales llega hacer más afectada por diversos factores, siendo el principal las actividades realizadas por el hombre, teniendo contaminantes precisos como industrias y poblados que vierten aguas residuales en arroyos y ríos (Caicedo *et al.* 2019).

La calidad del agua es evaluada por análisis de laboratorio, la cual ayuda a la determinación de propiedades químicas, físicas y biológicas, teniendo ejemplos como la temperatura, pH, metales pesados, conductividad eléctrica, entre otras; por consiguiente, se encuentran variables derivadas como la salinidad efectiva y

potencial, relación de la absorción de sodio, porcentaje de sodio posible y disuelto, y el índice de Langelier.

Analizar la calidad de agua para riego es primordial para avalar la productividad agrícola, ayudando tanto a la idoneidad del agua como el mantenimiento de la fertilidad del suelo, teniendo en cuenta que evita la salinización, reduce el transporte de patógenos y enfermedades, y se asegura que la planta reciba la cantidad adecuada de agua sin causar estrés siendo el banano muy sensible con el estrés hídrico.

## **1.2. Planteamiento del problema**

Los productores de banano en la provincia de Los Ríos, Ecuador, se enfrentan a un problema creciente debido a la disminución en la calidad del agua utilizada para el riego, lo que conlleva a una disminución en la productividad y sobre todo en la calidad del banano, afectando negativamente los ingresos de los agricultores y la economía local (Anchundia *et al.* 2021).

Esta situación ha generado preocupaciones ambientales y sociales, ya que el uso de agua contaminada para el riego impacta la salud de los trabajadores y consumidores, así como contribuye a la degradación de los cuerpos hídricos y por ende de los ecosistemas acuático en la región (Chacha 2021).

Los productores se enfrentan al desafío de encontrar soluciones efectivas para optimizar sus sistemas de producción de banano en medio de este inconveniente hídrico, lo que requiere abordar tanto las implicaciones técnicas como las consecuencias socioeconómicas y ambientales.

## **1.3. Justificación**

Los sistemas de producción de banano y su relación con la calidad del agua para riego en la provincia de Los Ríos, Ecuador, es un tema de vital importancia debido a su impacto multidimensional; es de conocimiento general que la industria bananera es un pilar económico fundamental para la esta provincia y para el Ecuador, por lo que garantizar la calidad y disponibilidad del agua para riego es crucial para mantener la competitividad y sostenibilidad del sector.

Además, el impacto ambiental y social derivado del uso de agua contaminada en la producción de banano plantea grandes preocupaciones en



términos de salud pública, sostenibilidad ambiental y equidad social. Por lo tanto, una revisión bibliográfica exhaustiva sobre este tema proporcionará una base sólida para comprender los desafíos actuales y futuros que enfrentan los productores de banano en la región, así como para identificar estrategias efectivas que promuevan tanto la productividad como la responsabilidad ambiental y social.

Dicho esto, esta justificación se fundamenta en la necesidad imperante de comprender a fondo las complejas interacciones entre la calidad del agua para riego y los sistemas de producción de banano en Los Ríos, Ecuador. Esta comprensión permitirá desarrollar e implementar prácticas agrícolas más sostenibles y adaptadas a las condiciones locales, beneficiando tanto a los productores como a la comunidad en general.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Analizar la relación entre la calidad del agua para riego y los sistemas de producción de banano en la provincia de Los Ríos, Ecuador.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Fundamentar la importancia de la calidad del agua para riego en los sistemas de producción de banano.
- Describir los efectos negativos en la calidad del agua para riego en los sistemas de producción agrícola de banano.

## **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: “Calidad de agua para riego en la producción del cultivo de banano (*Musa AAA*)”. En este contexto, específicamente se aborda el Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la Sublíneas de Conservación de suelos y agua.

## 2. DESARROLLO

### 2.1 Marco conceptual

#### 2.1.1 Calidad de agua

La calidad de agua es determinada mediante los contenidos de elementos biológicos, químicos y físicos que disponga, algunos de estos contenidos pueden estar disueltos, a lo que se conoce como sales solubles; y otros están en suspensión como los coloides, siendo estos los resultantes de lixiviación y erosión del suelo (León *et al.* 2023).

Conociendo que la calidad de agua no es parámetro definitivo, por el contrario, dependerá del tiempo y el espacio; pero, tiene distintos rangos de calidad que varía según su tipo de uso, teniendo en cuenta que el umbral destinado para la calidad de agua de consumo humano es mucho más exigente que para el uso agropecuario (Aueriego 2022).

Existen tres criterios imprescindibles para determinar la calidad en su carácter más estricto, siendo estos la salinidad, la toxicidad y la sodicidad, desglosando a cada uno; la salinidad tratándose al riesgo en la formación de acumulaciones de sal en el suelo, provocando una dificultosa absorción tanto de agua como nutrientes para las plantas (FAO 2014).

La toxicidad es relacionada por los problemas que luego desencadenan la presencia de iones como el sodio, cloro y boro; por otro lado, la sodicidad es vinculada con elevados contenidos del Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI), provocando que la estructura del suelo sufra deterioro, desencadenando problemas relacionado con la infiltración del agua (IDA 2015).

Dentro de la calidad de agua no solo es importante conocer el contenido de sales, sino que también el tipo de sales existentes en el agua; al haber un aumento del contenido de sales induce a una disminución en la cantidad de agua disponible para la planta (PRISMAB 2022).

Es necesario considerar los nutrientes que contiene el agua destinada para el riego, de esta manera se evita la aplicación de estos, para impedir efectos adversos para las plantas y el suelo; por otro lado, inciden el factor económico, ya

que, al utilizar mala calidad de agua para riego, originado por el deterioro de equipos y accesorios, hacen que los costos de mantenimiento aumenten (FAO 2014).

### **2.1.2. Indicadores de la calidad del agua**

La calidad de agua puede afectar la estructura del suelo y en este, la capacidad de que el agua se infiltre normalmente, por ello, los indicadores para determinar la calidad de agua destinada para el riego son: conductividad eléctrica, salinidad potencial y salinidad efectiva; siendo estos valorados por los rangos definidos para el tipo de eso de las aguas (Monge *et al.* 2022).

#### **Salinidad**

La salinidad impide que la planta logre una absorción normal del agua y por consiguiente su crecimiento, por otro lado, su estudio se realiza por medio de la determinación de las Sales Solubles Totales (SST), Conductividad Eléctrica (CE), Salinidad efectiva (SE) y Salinidad Potencial (SP) (Castaño *et al.* 2011).

La conductividad eléctrica es fácil de establecer, tanto en el laboratorio como en el campo, ayudando a obtener una valoración rápida de las sales disueltas, manteniendo el principio de que las aguas puras no conducen la electricidad, por lo que, si los valores obtenidos de la conductividad eléctrica son mayores, indican el contenido de sales disueltas; para el cálculo de la CE se emplea la cantidad de las sales disueltas en partes por millón y en miliequivalentes por litro, de la misma manera la presión osmótica (CB 2018). En la **tabla 1**, se indican los criterios y los valores de la conductividad eléctrica con relación a la salinidad y su clasificación.

La SE indica el riesgo que llegaría a presentar las sales solubles que existen en el agua para riego que luego conforman al suelo; su determinación es mediante la función de los contenidos de iones de carga negativa e iones de carga positiva que están en las aguas y sus proporciones relativas (CIMMYT 2019).

Por otra parte, la SP ayuda a indicar el peligro de las sales poco solubles, siendo estos los cloruros y sulfatos, produciendo un aumento en la presión osmótica, y así, actuando a niveles bajos de humedad; es determinada mediante la ecuación (CB 2018).

$$SP = Cl^{-} + \frac{SO_4^{2-}}{2}$$

## Sodicidad

La sodicidad es más compleja de manejar, haciendo que la infiltración del agua reduzca, incrementando el pH en el suelo y presencia de hierro, magnesio, calcio y zinc; se lo puede determinar mediante la Relación de Absorción de Sodio (RAS) y el Porcentaje de Sodio Posible (PSP) (MAATE 2022).

La RAS se determina en función a los contenidos de sodio, calcio y magnesio, y estas concentraciones de los cationes se enunciarán en miliequivalentes por litros con la ayuda de la siguiente ecuación (MAATE 2022).

$$RAS = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

Teniendo en cuenta, si el contenido de sodio llega a superar el 50 % de los cationes disueltos, existe un peligro en que el ion sustituya tanto el calcio como el magnesio en el suelo; por lo que se debe realizar una valoración del PSP, con la ayuda de la siguiente formula (RA 2020).

$$PSP = \frac{Na}{SE} * 100$$

## Toxicidad

Su estudio es realizado mediante las concentraciones de iones de cloruro, sodio, boro y bicarbonatos en las aguas de riego, para la planta; se propuso rangos para determinar la toxicidad causados por sodio, cloro y boro (RA 2020). En la **tabla 1**, se indican los rangos de iones de sodio, cloro y boro, que pueden provocar toxicidad.

**Tabla 1.** Concentración de iones sodio, cloro y boro que pueden provocar problemas de toxicidad.

<b>Iones</b>	<b>Inexistentes</b>	<b>Crecientes</b>	<b>Graves</b>
Na (meq/L)	< 3	3 – 9	> 9
Cl (meq/L)	< 4	4 – 10	> 10
B (mg/L)	< 0,7	0,7 – 2,0	> 2,0

**Fuente:** FAO (1987)

**Tabla 2.** Indicadores de idoneidad de las aguas para su uso en riego agrícola

<b>Parámetros</b>						<b>Criterio</b>
<b>PSP (%)</b>	<b>CE (dS/m)</b>	<b>SE (dS/m)</b>	<b>SP (dS/m)</b>	<b>RAS</b>	<b>PSD (%)</b>	
<20	<0,25	<0,25	<0,70	<3	<20	Excelente
20 - 40	0,25 - 0,75	0,25 - 0,75	0,70 - 2,00	3 – 9	20 - 40	Buena
40 - 60	0,75 - 2,00	0,75 - 2,00	2,00 - 4,00	9 - 18	40 - 60	Permisible
60 - 80	2,00 - 3,00	2,00 - 3,00	4,00 - 6,00	18 - 26	60 - 80	Dudosa
>80	>3,00	>3,00	>6,00	>6,00	>80	No apta

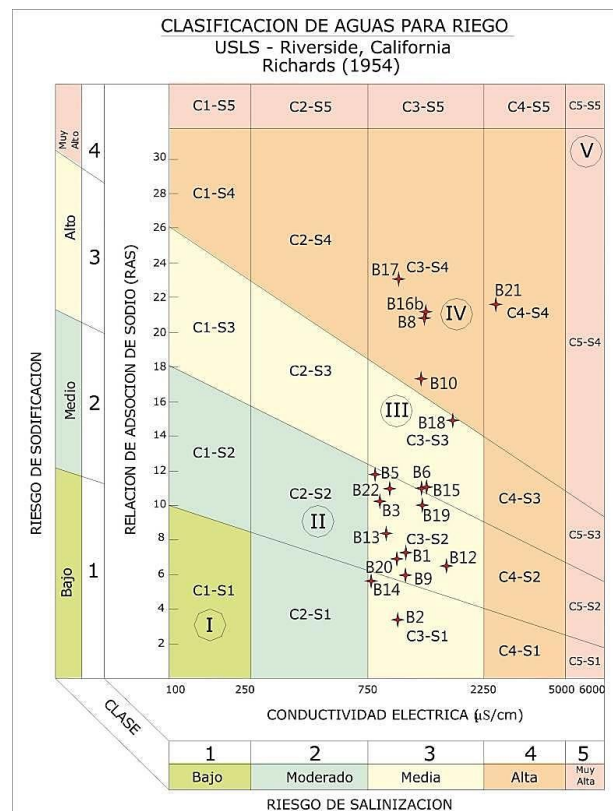
**Fuente:** Duarte (2005)

### 2.1.3. Diagrama de Wilcox

También llamado como Normas de Riverside planteadas por el laboratorio de Salinidad de Suelos de los Estados Unidos de Norteamérica, usado como un indicador de calidad de agua, siendo uno de los más comunes para este fin, mediante este indicador se enlaza con la conductividad eléctrica y la relación de

absorción de sodio, con la finalidad de establecer la idoneidad del agua con fines agrícolas (IDRICA 2024).

Existen seis clases con respecto a la conductividad eléctrica, yendo desde el nivel o clase baja hasta la excesiva (C1 – C6); mientras que es relacionado con la alcalinidad o sodicidad, determinado por la relación de absorción de sodio, de la misma manera que la CE tiene cuatro clases (S1 – S4). En la **figura 1**, este diagrama representa la relación de las seis clases de conductividad eléctrica con las cuatro clases de relación de sodio (Ortega *et al.* 2007).



**Figura 1:** Diagrama modificado de Wilcox

**Fuente:** InfoAgro (1973)

Mediante la combinación de los dos índices ya descritos siendo los elementos fundamentales, nos ayuda a la evaluación de la idoneidad del agua para riego, teniendo en cuenta que si la SAR es mayor a 10 revela que el sodio está en una categoría media o alta, o por defecto, que los contenidos de calcio junto el magnesio es bajo en el agua; si esta agua llega hacer destinada para el riego con las características mencionadas, provocaría la destrucción de la estructura de los

coloides del suelo, por consiguiente, afecta su permeabilidad; por lo que, los daños provocados en las propiedades físicas del suelo son definitivos (Ortega *et al.* 2007).

#### 2.1.4. Método de la FAO para determinar calidad del agua

La FAO anuncio un método que implican los mismos indicadores que anteriormente han sido mencionados, con la diferencia que puntualiza otros rangos y categorías con respecto a la idoneidad del agua, describiendo su problema potencial de salinidad e infiltración, con sus grados de restricción de uso (Ayers *et al.* 1987). En la **tabla 3**, se observa los rangos y problemas potenciales determinados por la FAO.

**Tabla 3.** Clasificación de la idoneidad de las aguas para el riego, descritos con la metodología de la FAO

	Grado de restricción de uso		
	Ninguno	Ligero o moderado	Severo
Problema potencial: <b>Salinidad</b>			
CE	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
Problema potencial: <b>Infiltración</b>			
RAS entre 0 y 3 y CE =	> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
RAS entre 3 y 6 y CE =	> 1,2	1,2 – 0,3	< 0,3
RAS entre 6 y 12 y CE =	> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
RAS entre 12 y 20 y CE =	> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
RAS entre 20 y 40 y CE =	> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9

**Fuente:** FAO (1987)

#### 2.1.5. Carbonato de Sodio Residual (CSR)

Es un indicador que expresa el rango del calcio y del magnesio, mediante dos condiciones al precipitarse en forma de bicarbonatos, como son las concentraciones de carbonatos y de bicarbonatos llegan a ser mayores que las concentraciones del calcio y magnesio, y se va concentrando la solución del suelo; mediante esas condiciones, se produce un aumento en sodio y que se realice un

intercambio con el complejo absorbente del suelo, provocando la defloculación (IDRICA 2024).

Mediante la determinación de este indicador intervienen los cationes tanto de calcio como de magnesio, junto a los aniones carbonatos y bicarbonatos, por lo que, se expresa mediante su cálculo con unidades de miliequivalentes por litro para todas las unidades (Ortega *et al.* 2007).

$$CSR = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

#### **2.1.6. Estudios de calidad de las aguas de ríos para el riego**

Se realizó una evaluación en las aguas del río Mayo en México para determinar su calidad, lo cual se tomaron dos muestreos semanales en un periodo que iba desde abril de 1997 y diciembre del 2000, estudiándose de cada muestra la CE, pH, aniones y cationes, ayudando a la determinación de la Salinidad Total, y la SAR, y guiados por los criterios de la FAO (AU 2018).

En Argentina, las aguas del río Grande fue motivo de estudio desde el punto de vista físico y químico, siendo su principal objetivo establecer una línea base ambiental y el decaimiento de aquel sistema hídrico, para así mejorar la gestión de su cuenca; tomándose tres puntos durante tres años, y haciendo determinaciones la turbidez, pH, CE, alcalinidad, cloruros, nitratos, fosfatos, magnesio, sodio y potasio; teniendo resultados de aguas bicarbonatadas, pH ligeramente alcalino, contenidos de sales bajos, siendo aptas tanto para el riego como para el consumo humano y la protección del sistema hídrico (Swistock 2024).

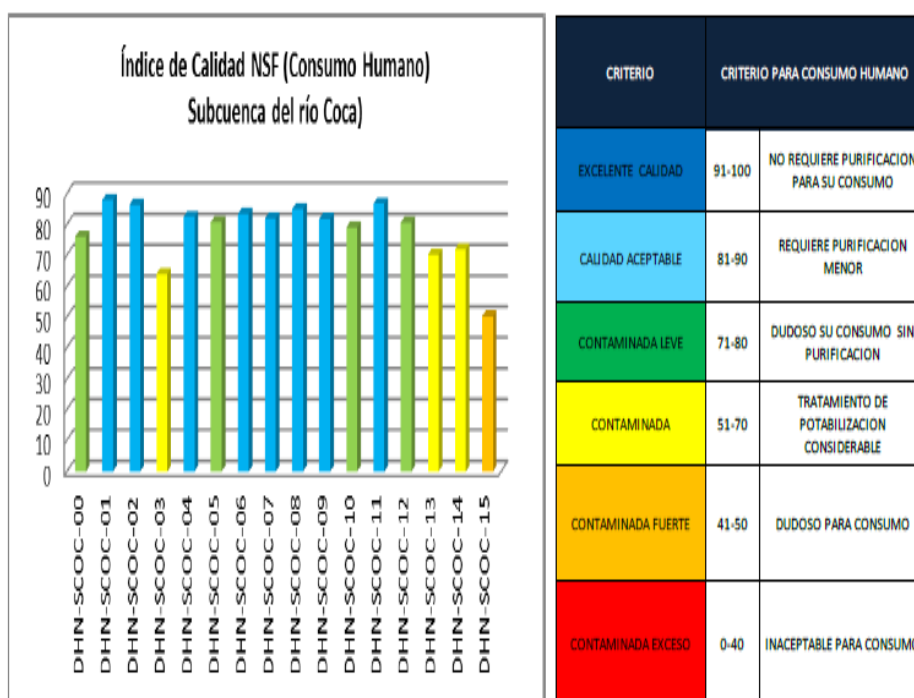
#### **2.1.7. Estudios de calidad de las aguas en Ecuador**

Al Nor-occidente de Quito, en el río Alambi, se tomó los microinvertebrados acuáticos como bioindicadores, obteniendo muestreos desde 1999 – 2001, exactamente en tres épocas del año, siendo estas la estación lluviosa, transición y la estación lluviosa; teniendo la detección de la contaminación de las aguas, para después encontrar un índice de calidad (García *et al.* 2017).

La Dirección Nacional del Agua en el 2011 realizó un proyecto de monitoreo en los ríos Santiago, Zamora y Coca; donde se estableció puntos de observación y



muestreo, realizándose la toma de muestras entre los días 25 y 28 de octubre del 2011, ayudando a comprobar la afectación de las aguas por actividades antropogénicas, como la explotación del material pétreo, descarga de aguas servidas, y las acciones de la agricultura y ganadería, que a largo plazo se incrementarán (García *et al.* 2017). En la **figura 2**, se expresan los resultados del trabajo, mostrando el índice de calidad y lo sitios muestreados.



**Figura 2:** Calidad de las aguas en la subcuenca del río Coca

**Fuente:** Soto *et al.* (2012)

En el Ecuador, la calidad de las aguas es afectada por varios contaminantes como las grasas, detergentes, materia orgánica y microorganismos parásitos, al igual que las aguas residuales provenientes de las actividades agrícolas, poseyendo elevados contenidos de nitratos, fosfatos y otros tóxicos agrícolas (Buitrago 2023).

### **2.1.8. Influencia de la calidad del agua de riego sobre la producción de banano en la provincia de Los Ríos**

El agua utilizada para el banano *Musa* AAA riego del banano tiene un impacto considerable positivo y negativo en la producción de banano, la contaminación del agua superficial de río en Ecuador es un problema causado por numerosas fuentes urbanas y agrícolas; en la Costa, la contaminación por varios pesticidas y fertilizantes que surgen de la producción de banano perjudica la calidad de los cultivos al disminuir la adecuada motivación (Soto *et al.* 2012).

El riesgo radica en el espacio, persuadiendo a que, con el uso de este tipo de agua, se concentren los residuos de pesticidas en determinadas porciones del fruto y se cree que en general el recubrimiento esté contaminado, lo que reduce la calidad y no contribuye al producto en los mercados internacionales aceptar la calidad de este producto, por consiguiente, en muchas regiones, las aguas residuales no tratadas pueden llegar a infectar los patógenos e intoxicar el banano, por lo que, los patógenos pueden proliferar, provocando la reducción del crecimiento del fruto (Soto *et al.* 2012).

La utilización de agua de mala calidad llega a repercutir de manera significativa en la producción de banano *Musa* AAA, provocando la diseminación de enfermedades, teniendo como ejemplo la Sigatoka negra, afectando varias partes de la planta como las hojas, haciendo que baje notablemente el rendimiento y la calidad del fruto; por otro lado, al usar agua de mala calidad habrá un exceso de cantidades salinas, provocando la salinidad al suelo, afectando a la planta al provocar estrés hídrico y estrés nutricional en la planta (Moreno *et al.* 2017).

Los estudios sobre la contaminación de aguas superficiales en Ecuador confirmaron que *Escherichia coli* es un marcador de contaminación biológica asociada con la contaminación orgánica, por lo que, el agua de riego contaminada con *E. coli* puede tener un impacto negativo en la producción de banano por la introducción de patógenos en el sistema de cultivo, de esta manera, estos pueden dañar las plantas y reducir su vigor, así como contaminar los frutos, lo que se traduce en menor calidad del producto final y riesgos para la salud pública, por lo que, la reciente detección de arsénico en aguas geotérmicas, subterráneas y superficiales, así como sedimentos, es una preocupación (Chacha 2021).

Entre otras influencias negativas, es la presencia de los metales pesados en el agua, siendo estos el cadmio, plomo, mercurio, arsénico, etcétera; provocando una merma en los tejidos vegetales, repercutiendo en la fotosíntesis y varios procesos metabólicos que son esenciales para la planta, interfiriendo en la producción y calidad del fruto (PROAIN 2020).

El arsénico siendo uno de los elementos tóxicos, al tener elevadas concentraciones, prohíbe el crecimiento normal de la planta, afectando en la absorción de los nutrientes y mermando el rendimiento del cultivo, por consiguiente, la acumulación de este elemento en los frutos afecta tanto a la seguridad alimentaria como su comercialización (Arguello 2004).

#### **2.1.9. Importancia de la calidad del agua para riego en los sistemas de producción de banano.**

Dentro de la práctica del riego, se encuentra la calidad del agua; siendo muy importante e influyente en la planificación del riego, determinante componentes que interfieren en la planificación del riego y su manejo, y en el cultivo en que se lo establezca, su importancia en saber la clasificación de agua para el riego, se basa en las propiedades contenidas y su efecto, en relación con el suelo (PROAIN 2020).

La calidad de agua en el riego influye en varios aspectos que determinan la calidad sanitaria del agua, siendo trascendental y riguroso, mencionando la pureza microbiológica y la deserción de contaminantes, ayudando a prevenir daños en los cultivos y, por ende, tener una seguridad alimentaria; esta calidad de agua es determinada por su composición química, desglosándose en su nivel de pH e iones, ya que pueden repercutir en el desarrollo y crecimiento de las plantas; los sólidos tanto en suspensión y disolución, tienen un impacto en la eficacia de los sistemas de riego (Juárez 2024).

La calidad del agua de riego está ligada con el impacto que llega ejercer en el suelo y en las plantaciones, de igual manera, en su manejo; siendo de mucha importancia, ya que su impacto potencial cuando el agua no llega a cumplir con los requisitos que se requieren, puede aparecer organismos patógenos en el suelo,

siendo este relevante al detectar características que pueden perturbar tanto al suelo como al cultivo (Chacha 2021).

La calidad del agua es determinada mediante la eficacia en los sistemas de riego, por lo que, el riego no solo se trata del momento y cantidad al aplicar agua, sino también en la utilización del agua con los estándares de calidad, para que se avale la protección en el cultivo y mayor porcentaje de productividad, en relación con la sostenibilidad del medio ambiente (IDA 2015).

Es fundamental el uso de aguas de calidad para la obtención de una producción exitosa de banano *Musa AAA*, por lo que estas aguas, deben estar libres de contaminantes, contar un pH óptimo para el cultivo, bajas concentraciones de sales y la ausencia de patógenos; por lo que, es primordial que estas aguas sean monitoreadas y ser gestionadas correctamente (LABISER 2024).

La calidad de agua de riego tiene una significativa influencia en la producción de banano *Musa AAA*, provocando el beneficio del crecimiento óptimo de la planta al contar con nutrientes esenciales como nitratos, fosfatos y potasio, y con sus concentraciones en el rango recomendable, por lo que, mejora su rendimiento en producción (Buitrago 2023).

#### **2.1.10. Efectos negativos en la calidad del agua para riego en los sistemas de producción agrícola de banano.**

Existen varios aspectos dentro de la producción del cultivo que pueden afectar la calidad de del agua para el riego, los sistemas de riego, la infiltración del agua en el suelo, entre otras; por lo que, analizar el agua destinada para esta labor agrícola, permite conocer las propiedades físicas y biológicas, englobando la turbidez y presencia de organismos (PRISMAB 2022).

La disminución de la calidad del agua contribuye a la reducción de la producción, reduce la producción de alimentos y aumenta la pobreza en varios países; interviniendo los gobiernos para tomar medidas para reducir el problema de la contaminación del agua al nivel agrícola, para llevar una convivencia sostenible con el medio ambiente (GBM 2019).

Semillas de malezas, esporas de hongos y otros fitopatógenos, son aquellos factores que influyen en la calidad del agua, realizando propagaciones de estas en los cultivos, llevando a cabo enfermedades que repercuten todas las etapas; considerado un problema significativo en todas las regiones (Arguello 2004).

Existen varios factores que determinan el negativo uso del agua en el riego, el principal es el contenido de sales, teniendo claro que el alto grado de salinidad en el agua puede producir daños irremediables en el cultivo, produciendo un deterioro en el rendimiento y perturbando las características del suelo; el valor de la salinidad en el agua es medido por la conductividad eléctrica, haciendo referencia que al obtener mayor concentración de conductividad eléctrica existirá mayor concentración de sales en el agua, por ende, en el cultivo afectaría negativamente a la zona radicular, provocando una menor absorción de agua y nutrientes (Moreno *et al.* 2017).

El pH es otro factor crucial dentro de la calidad del agua, indicando tanto la acidez o alcalinidad del agua, teniendo en cuenta que, si el pH es excesivamente alto o bajo, afecta la disponibilidad de nutrientes para las plantas, su crecimiento y su productividad (Netafim 2023).

Al ser un pH alto, se pueden formar precipitados como el fosfato de calcio, de magnesio, de hierro, carbonato de calcio y de magnesio; siendo compuestos no destinados para los cultivos, y al ser insolubles se empotran en las tuberías, haciendo un problema de obstrucción y tapón (Martínez 2023).

Los pesticidas y varios productos industriales, llegan a contaminar el agua, interactuando negativamente en la composición y transformándose en tóxica para los cultivos, por otra parte, estos residuos químicos pueden almacenar en el suelo, por lo que, provoca la reducción de fertilidad a largo plazo; mientras, que los residuos biológicos, como excrementos de animales y humanos, llegan a inducir patógenos en el agua, causando enfermedades en las plantas y a quienes ingieren sus frutos, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria, salud humana y sostenibilidad ambiental (Manjarrez *et al.* 2023).

El agua de riego en calidad y cantidad es un factor crítico en el acceso para la agricultura, siendo así, contar con este recurso ha representado mucha dificultad

para los agricultores, aún más, con los problemas de pH, salinidad, alcalinidad y excesos de elementos dañinos (Martínez 2023).

Los productos químicos como pesticidas o fertilizantes que son usados en la agricultura son esencialmente peligrosos, tratándose como fenómenos en la escorrentía o en la infiltración a través del suelo, haciendo que estos residuos, contaminando aguas subterráneas, y haciendo que lleguen a los ecosistemas acuáticos como ríos, provocando la alteración del equilibrio natural de los nutrientes necesarios para los cultivos (AF 2023).

## **2.2. Marco metodológico**

En la elaboración del presente documento se recopiló información actualizada como lo son artículos científicos, sitios web, Google académico y bibliotecas virtuales que aportaron opiniones e ideas de autores que permitieron estudiar el proceso de la presente investigación. Se especificó la temática relevante sobre la calidad de agua para riego en la producción del cultivo de banano (*Musa AAA*). El presente trabajo se desarrolló como una investigación no experimental de carácter bibliográfico, mediante el uso de síntesis, análisis, y resumen de la información que se recopiló.

### 2.3. Resultados

La calidad de agua destinada para el riego en la producción de *Musa* AAA es crucial, porque interfiere de manera directa al desarrollo y rendimiento de la planta; por lo tanto, esta agua utilizada para este fin agrícola, debe de estar libre de patógenos, químicos y sales que pueden causar deterioros en las partes vitales de la planta como lo son las raíces, por consiguiente, se evita la acumulación de sustancias tóxicas en el suelo, para así lograr una sostenibilidad agrícola y conservación del medio.

Utilizar el agua de buena calidad en el riego, ayuda en el mantenimiento del equilibrio de concentración de los nutrientes en el suelo, provocando el desarrollo óptimo de la planta de banano; por consiguiente, esta agua con gran porcentaje de limpieza, previene que se origine la salinidad en el suelo, haciendo que no sea necesario que se apliquen químicos adicionales, provocando un beneficio para las plantas, y de esta manera, una gran ventaja en la conservación del medio ambiente junto a la salud humana; por lo cual, asegurar una calidad de agua para riego, se contribuye a la productividad, eficiencia y sostenibilidad de los sistemas de producción de banano *Musa* AAA.

La utilización de agua para el riego de mala calidad en los sistemas de producción de banano *Musa* AAA, puede provocar varios efectos negativos, uno de estos contratiempos es la salinidad, que se originan por las grandes cantidades de sales disueltas en el agua, que repercuten al suelo y por consiguiente a la planta, causando una reducción en la absorción tanto de nutrientes como de agua, en cuanto al suelo, provocaría que la porosidad disminuya al igual que la capacidad de retener agua, lo que aumenta el problema de disponibilidad de agua para las plantas.

La presencia de patógenos y contaminantes químicos son otros efectos negativos que están presentes en el agua destinada para el riego, encontrando pesticidas, metales pesados y residuos industriales, lo cual, causan enfermedades en las plantaciones de banano como *Fusarium oxysporum*, Sigatoka negra, entre otras que van provocando reducción en la productividad y debilitando a la planta, por otra parte, al utilizar estas aguas contaminadas provocaría una acumulación de

sustancias tóxicas en el fruto, lo que afectaría su calidad, además, es un riesgo para la salud de los consumidores.

## **2.4 Discusión de resultados**

La calidad de agua de riego es primordial en la producción de banano, ya que influye en el rendimiento y salud de las plantas de banano, lo cual no se debe tener porcentajes de metales pesados, químicos y presencia de patógenos, para así, obtener una buena calidad y cantidad de cosecha; de acuerdo con lo enunciado por Guardado (2023), la presencia de estos problemas no solo tiene un impacto instantáneo, sino que afectarían a largo plazo del sistema agrícola al originarse residuos en el suelo, provocando afectaciones en próximas plantaciones.

La calidad de agua predestinada para el riego, debe tener un manejo adecuado para prevenir la diseminación de enfermedades en la producción de banano *Musa AAA*, concordando con Carriazo (2021), que se deben realizar análisis periódicos para determinar la calidad del agua y ante cualquier contratiempo, optar por medidas de control, como la implementación de adecuados sistemas de riego, tratamiento del agua y prácticas fitosanitarias para disminuir los riesgos infecciosos.

Realizar las prácticas de riego en los sistemas de producción de banano *Musa AAA* con aguas de mala calidad, provoca efectos perjudiciales como la salinidad, presencia de patógenos, excesivas concentraciones de metales pesados, que perjudican el rendimiento del cultivo; coincidiendo con Puñales *et al.* (2016) que, la acumulación de sales hace que la estructura del suelo se altere, por lo que se disminuye su porosidad al igual que su retención de agua, es decir, que las plantas no tendrán la disponibilidad de agua necesaria.

Utilizar estas aguas de mala calidad con la presencia de enfermedades que repercuten en el rendimiento de los cultivos y la calidad de los frutos, concordando con lo pronunciado por Carriazo (2021), estas aguas pueden tener presencia de Sigatoka negra, *Fusarium oxysporum*, y otros patógenos que tienen una alta mortalidad en las plantas, afectando el rendimiento y calidad de frutos, aumentando los costos del manejo del cultivo.



## **3.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **3.1. Conclusiones**

La calidad de agua en el riego tiene gran importancia en la producción de banano, ya que ayuda en la salud de las plantas y en su rendimiento, de esta manera se obtiene una cosecha de calidad, por lo que beneficia tanto al medio ambiente como la seguridad alimentaria de los consumidores.

Mientras que, la mala calidad de agua merma en la productividad del cultivo, al presentar varios contaminantes químicos, patógenos, excesivas cantidades de sales solubles que interfieren en el desarrollo del fruto, las raíces tienen menor absorción de nutrientes y agua, y afecta a la estructura del suelo, contribuyendo al deterioro del mismo. Semillas de malezas, esporas de hongos y otros fitopatógenos, son aquellos factores que influyen en la calidad del agua, realizando propagaciones de estas en los cultivos, llevando a cabo enfermedades que repercuten todas las etapas; considerado un problema significativo en todas las regiones.

### **3.2. Recomendaciones**

Para asegurar una máxima productividad y sostenibilidad en la producción de banano, es primordial que el riego sea mediante agua de calidad, estableciendo programas de estudio regular del agua para determinar la presencia de patógenos, sales solubles, químicos, metales pesados; de esta manera, se previene la contaminación y abastecimiento de sustancias tóxicas en el suelo.

Se deben minimizar los efectos negativos que interfieren en la calidad del agua de riego, por lo que realizar una espectrometría de absorción atómica para identificar los metales pesados que se encuentran presentes, también, los pesticidas y otros residuos que deterioran al suelo y reducen la calidad de los frutos.

## 4.REFERENCIAS Y ANEXOS

### 4.1. Referencias bibliográficas

- AF (Aqua Fundation). 26 de nov. 2023. Los ocho principales contaminantes del agua: principales contaminantes del agua. (en línea, blog). Murcia, España. Consultado el 3 de jul. 2024. Disponible en <https://www.fundacionaquae.org/wiki/los-residuos-que-mas-contaminan-el-agua/>
- Anchundia, D; Cunuhay, J; Morán, R. 2021. Análisis económico del banano orgánico y convencional en la provincia Los Ríos, Ecuador. (en línea). Avances. 25(4): 419 – 426. Consultado el 28 de may. 2024. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/6378/637869393005/637869393005.pdf>
- Arguello, O. 2004. Calidad de agua para riego. Medellín, Colombia. (en línea). 10 p. Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/37104/Ver\\_Documento\\_37104.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/37104/Ver_Documento_37104.pdf?sequence=5&isAllowed=y)
- Arteaga, F. 2015. Origen y evolución del banano. (en línea). Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. 11 p. Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en <https://acortar.link/FMcZsf>
- AU (Aguas Urbanas). 17 nov. 2018. Conceptos sobre el monitoreo de calidad de agua. (en línea, blog). Montevideo, Uruguay. Consultado el 23 jun. 2024. Disponible en <https://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/17/conceptos-sobre-monitoreo-de-calidad-de-agua/>
- AUERIEGO (Implementación y mantenimiento del Paisajismo y Riego). 18 agost. 2024. Origen del riego. (en línea, blog). Estancia, Brasil. Consultado el 8 jun. 2024. Disponible en <https://aueriego.com/?id=origen-del-riego&in=292>
- Balmaseda, C; Caicedo, O; Proaño, J. 2015. Evaluación hidráulica del riego por aspersión subfoliar en banano (*Musa paradisiaca*) en la finca San José 2, provincia Los Ríos, Ecuador. (en línea). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 24 (1): 39-43. Consultado el 28 de may. 2024. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v24n1/rcta05115.pdf>

- Buitrago, J. 2023. Calidad de agua, ¿cómo afecta a nuestro sistema de riego? (en línea, blog). Murcia, España. Consultado el 3 de jul. 2024. Disponible en <https://www.iagua.es/blogs/jose-maria-buitrago-lopez/calidad-agua-como-afecta-nuestro-sistema-riego>
- Caicedo, O; Balmaseda, C; Proaño, J. 2015. Programación del riego del banano (*Musa paradisiaca*) en finca San José 2, Los Ríos, Ecuador. (en línea). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 24 (2):18-22. Consultado el 28 de may. 2024. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v24n2/rcta03215.pdf>
- Caicedo, O; Balmaseda, C; Tandazo, J; Layana, E; Sánchez, V. 2019. Calidad para el riego de las aguas del río San Pablo, cantón Babahoyo, Ecuador. (en línea). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 28(3):1-8. Consultado el 28 de may. 2024. Disponible en [http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v28n3/es\\_2071-0054-rcta-28-03-e02.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v28n3/es_2071-0054-rcta-28-03-e02.pdf)
- Carriazo, Y. 2021. Sistema de monitoreo de la calidad del agua basado en IOT, utilizando técnicas de analítica de datos para la detección de anomalías, en los acueductos ejecutados por el plan departamental de aguas (PDA) de Córdoba, Colombia. (en línea). MSC. Universidad Autónoma De Bucaramanga. 148. Consultado el 3 de jul. 2024. Disponible en <https://acortar.link/43Py3Q>
- Castaño, A; Aristizábal, M; Gonzales, H. 2011. Requerimientos hídricos del plátano dominico hartón (*Musa AAB SIMMONDS*) en la región Santágueda, Palestina, Caldas. (en línea). Programa agronomía. 19(1): 57 – 67. Consultado 23 jun. 2024. Disponible en [http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia19\(1\)\\_6.pdf.pdf](http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia19(1)_6.pdf.pdf)
- CB (Clúster banano). 21 agost. 2018. Uso eficiente del agua en la producción de banano. (en línea, blog). Consultado el 23 jun. 2024. Disponible en <https://banano.ebizaro.com/como-ahorrar-agua-en-la-produccion-de-banano/>
- Chacha, N. 2021. Evaluación de la calidad de agua, utilizada en los sistemas de riego en el cultivo de banano, Machala - El Oro. (en línea). Tesis Ing. Agro. Machala, Ecuador. Universidad Técnica de Machala. 47 p. consultado el 18 may. 2024. Disponible en

<https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16549/1/TTUACA-2021-IA-DE00015.pdf>

- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 26 nov. 2019. Tres poderosas razones para apostar por un riego más eficiente. (en línea, blog). El Batán, México. Consultado el 23 jun. 2024. Disponible en <https://idp.cimmyt.org/tres-poderosas-razones-para-apostar-por-un-riego-mas-eficiente/#:~:text=26%20de%20noviembre%20de%202019&text=En%20la%20agricultura%20se%20puede,agua%20es%20constante%20y%20unifor-me>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. Huella de agua de la industria bananera. (en línea, blog). Consultado el 23 jun. 2024. Disponible en <https://www.fao.org/world-banana-forum/projects/good-practices/water-footprint/es/#:~:text=Siendo%20un%20cultivo%20de%20larga,2200mm%20en%20el%20tr%C3%B3pico%20seco>.
- García, J; Sarmiento, L; Rodríguez, M; Porras, L. 2017. Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. (en línea). Bogotá, Colombia. Revisión corta. UGCiencia. 23 (1): 47 – 62. Consultado el 23 jun. 2024. Disponible en <file:///C:/Users/PCHOME/Downloads/659-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2746-2-10-20180124.pdf>
- GBM (Grupo Banco Mundial). 20 agost. 2019. El deterioro de la calidad del agua reduce en un tercio el crecimiento económico en algunos países, según el Banco Mundial. Washington, Estados Unidos. Consultado el 23 jun. 2024. Disponible en <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2019/08/20/worsening-water-quality-reducing-economic-growth-by-a-third-in-some-countries#:~:text=%E2%80%9CEI%20agua%20limpia%20es%20un,presid-ente%20del%20Grupo%20Banco%20Mundial>.
- Guadarrama, M; Galván, A. 2015. Impacto del uso del agua residual en la agricultura. (en línea). Tulancingo, México. Revista Iberoamericana de las

Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 4(7): 1 – 23. Consultado el 3 de jul. 2024. Disponible en <https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/29/83>

Guardado, A. 2023. Calidad del agua de Riego: aprende a medirla y mejorarla para optimizar tu producción. (en línea, blog). Sevilla, España. Consultado el 3 de jul. 2024. Disponible en <https://www.lamastore.es/blog/calidad-agua-riego/>

IDA (Instituto del Agua). 2015. Calidad del agua para riego: factores cruciales y métodos de mejoras. (en línea, blog). Sao Paulo, Brasil. Consultado el 22 jun. 2024. Disponible en <https://institutodelagua.es/calidad-del-agua/agua-para-riego-calidadcalidad-del-agua/>

IDRICA (Gestión hídrica y soluciones tecnológicas). 5 abr. 2024. La integración de datos, claves para el futuro del riego inteligente. Valencia, España. Consultado el 23 jun. 2024. Disponible en <https://www.idrica.com/es/blog/la-integracion-de-datos-clave-para-el-futuro-del-riego-inteligente/>

Juárez, J. 2024. La importancia de la calidad de agua para riego en la agricultura. (en línea, blog). Murcia, España. Consultado el 3 de jul. 2024. Disponible en <https://azud.com/sobre-nosotros/donde-estamos/>

LABISER (Laboratorio Autorizado por la Consejería de Agricultura). 2024. Calidad agronómica de las aguas para riego. (en línea, blog). Andalucía, España. Consultado el 3 de jul. 2024. Disponible en <https://labiser.es/aguas-de-riego/>

León, J; Espinoza, M; Carvajal, H; Quezada, J. 2023. Análisis de la producción y comercialización de banano en la provincia de El Oro en el periodo 2018 – 2022. (en línea). Ciencia Latina. 7(1): 7494 – 7507 p. Consultado el 7 jun. 2024. Disponible en <https://acortar.link/C4EdSQ>

MAATE (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica). 2022. El cambio climático afecta los recursos hídricos. (en línea, blog). Quito, Ecuador. Consultado el 23 jun. 2024. Disponible en <https://www.ambiente.gob.ec/el-cambio-climatico-afecta-los-recursos-hidricos/>

Manjarrez, N; Muñoz, C; Guerra, K; Egas, M. 2023. Costos de producción y comercialización en la industria bananera en la zona norte, cantón Quevedo – Ecuador (en línea). Revista latinoamericana de ciencias sociales y

- humanidades. 4(1): 736 – 749. consultado el 7 jun. 2024. Disponible en <https://latam.redilat.org/index.php/lt/article/view/292/288>
- Martínez, M. 2023. La calidad de agua de riego y sus repercusiones en los cultivos. (en línea, blog). Ciudad de México, México. Consultado el 3 de jul. 2024. Disponible en <https://icl-growingsolutions.com/es-mx/agriculture/knowledge-hub/the-impact-of-the-quality-of-irrigation-water-in-crop-quality/>
- Metroflor-agro. 18 de nov. 2018. Origen y calidad de agua para riego. (en línea, blog). Palmira, Colombia. Consultado el 3 de jul. 2024. Disponible en <https://www.metroflorcolombia.com/origen-y-calidad-de-agua-para-riego/>
- Monge, F; Álvarez, A; Batista, A; Santana, W. 2022. Necesidades hídricas del cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) variedad Williams. (en línea). Ciencias Técnicas UTEQ. 15 (2): 19 – 23. Consultado el 23 jun. 2024. Disponible en <file:///C:/Users/PCHOME/Downloads/Dialnet-NecesidadesHidricasDelCultivoDeBananoMusaParadisia-8791927.pdf>
- Moreno, L; Reyes, M; Rodríguez, M; Kosky, R; Roque, B; Chong, B. 2017. Respuesta de cultivares de *Musa* spp. al estrés hídrico in vitro inducido con polietilenglicol 6000. (en línea). Rev. Colombia biotecnológica. 19 (2):75-85. Consultado el 21 may. 2024. Disponible en <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/60405/pdf>
- Netafim (Sistema de riego). 7 sep. 2023. Cultivo de Banano en Ecuador: Optimizando el Riego con Sistemas de Goteo y Aspersores. (en línea, blog). Guayaquil, Ecuador. Consultado el 7 de jun. 2024. Disponible en <https://es.linkedin.com/pulse/cultivo-de-banano-en-ecuador-optimizando-el-riego-con>
- Ortega, F; Orellana, R. 2007. El riego con aguas de mala calidad en la agricultura urbana. Aspectos a considerar. II. Aguas residuales urbanas. (en línea). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. La Habana, Cuba. Consultado el 22 jun. 2024. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/932/93216306.pdf>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 13 de sept. 2023. Agua para consumo humano. (en línea, blog). Consultado el 23 jun. 2024. Disponible en <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking->



Disponible en <https://redagricola.com/estrategias-para-maximizar-el-manejo-eficiente-en-el-riego/>

Ríos, S; Agudelo, R; Gutiérrez, L. 2017. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. (en línea). Antioquia, Colombia. Rev. Fac. Nac. Salud Pública. 35(2): 236-247. Consultado el 23 jun. 2024. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v35n2/0120-386X-rfnsp-35-02-00236.pdf>

Salvioli, M; Colli, G; Cipponeri, M; Calvo, G. 2012. Relación entre usos del suelo y calidad del agua superficial en pequeñas cuencas urbanas. (en línea). ABES. Buenos Aires, Argentina. Consultado el 23 jun. 2024. Disponible en [https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/44162/Documento\\_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/44162/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vásquez, R. 2014. El impacto del comercio del Banano en el desarrollo del Ecuador. (en línea). AFESE. 182 p. consultado el 7 jun. 2024. Disponible en <https://mail.afese.com/img/revistas/revista53/comerbanano.pdf>

Zambrano, J; Delgado, A; Zambrano, E; Peñaherrera, S. 2022. Contaminantes biológicos presentes en fuentes de agua del centro-sur de la provincia de Manabí, Ecuador. Revista Siembra. 9 (2): 1 – 23. Consultado el 3 de jul. 2024. Disponible en <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/4011/5001>



## 4.2. Anexos

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valores normales en aguas de riego
<b>SALINIDAD</b>			
<b>Contenido en sales</b>			
Conductividad eléctrica	CE <sub>a</sub>	dS/m	0 – 3
Total sólidos en solución	TSD	mg/l	0 – 2000
<b>Cationes y aniones</b>			
Calcio	Ca <sup>2+</sup>	meq/l	0 – 20
Magnesio	Mg <sup>2+</sup>	meq/l	0 – 5
Sodio	Na <sup>+</sup>	meq/l	0 – 40
Carbonatos	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	meq/l	0 – 0'1
Bicarbonatos	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	meq/l	0 – 10
Cloro	Cl <sup>-</sup>	meq/l	0 – 30
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	meq/l	0 – 20
<b>NUTRIENTES</b>			
Nitrato-nitrógeno	NO <sub>3</sub> -N	mg/l	0 – 10
Amonio-nitrógeno	NO <sub>4</sub> -N	mg/l	0 – 5
Fosfato-fósforo	PO <sub>4</sub> -P	mg/l	0 – 2
Potasio	K <sup>+</sup>	mg/l	0 – 2
<b>VARIOS</b>			
Boro	B	mg/l	0 – 2
Acidez o basicidad	pH	1-14	6 – 8'5
Relación de absorción de sodio	RAS	meq/l	0 - 15

### Anexo 1: Parámetros de la calidad de agua para riego

**Fuente:** Monge (2017)



### Anexo 2: Uso de bioindicadores para determinar la calidad de agua para riego

**Fuente:** Yáñez (2018)