



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

“Elementos químicos que afectan la calidad del agua para uso agrícola”.

**AUTOR:**

Wagner Stalin Anchundia Troya

**TUTORA:**

Ing. Qca. Viviana Sánchez Vásquez, MGPC

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2019



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo, como requisito previo a la obtención del título:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

“Elementos químicos que afectan la calidad del agua para uso agrícola”.

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

Ing. Agr. Oscar Caicedo Camposano, MSc  
**PRESIDENTE**

Ing. Agr. Marlon Pazos Roldan, MSc  
**VOCAL PRINCIPAL**

Ing. Agr. Orlando Díaz Romero, MSc  
**VOCAL PRINCIPAL**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado principalmente a Dios por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento de mi vida tan importante como es mi formación profesional. A mi madre quien con sus consejos en los momentos difíciles ha sabido guiarme para culminar con mi carrera profesional. A mi padre quien es el pilar fundamental de mi familia y es el que me ha acompañado durante todo este trayecto de mi vida estudiantil. A mi abuelita Isabel quien hoy ya no está con nosotros, pero siempre me brindaba sus consejos y siempre me decía en que no desmaye para culminar con mis estudios. A mis hermanos Luis, Edwin, Pedro y Betty quienes siempre me brindaron su apoyo moral e incondicional a lo largo de mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a Dios por haberme acompañado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza y por brindarme una vida llena de aprendizajes y experiencias.

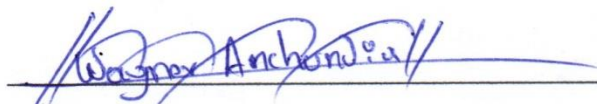
Le doy gracias a mis padres Cristóbal Anchundia y María Troya en todo momento, por todos esos valores que siempre me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en todo el transcurso de mi vida, pero sobre todo agradecerles por ser un excelente modelo de vida a seguir.

Agradecimientos a la Universidad Técnica de Babahoyo por haberme permitido estudiar y formarme como profesional.

Agradezco a mis hermanos quienes siempre estuvieron allí brindándome ese apoyo moral. Le doy gracias a mi prima Mercedes Anchundia quien siempre me brindó su apoyo y un espacio en su hogar siempre que lo necesite.

Le agradezco a mi tutora la Ing. Viviana Sánchez quien se prestó en ayudarme con mi trabajo de investigación.

La responsabilidad por la investigación,  
análisis, resultados, conclusiones y  
recomendaciones presentadas y  
sustentadas en este componente  
práctico del examen Complexivo  
son de exclusividad del autor

A handwritten signature in blue ink, reading "Wagner Anchundia", is written over a horizontal line.

**ANCHUNDIA TROYA WAGNER STALIN**

## RESUMEN

### **Elementos químicos que afectan la calidad del agua para uso agrícola.**

El agua está considerada como el “vehículo” que transporta los insumos químicos hacia la planta, por lo tanto su calidad es importante a fin de garantizar en gran parte, el éxito de las aplicaciones. Los parámetros que determinan la calidad del agua pueden ser físicos, químicos y biológicos. Las propiedades químicas están referidas al contenido de sales en el agua y parámetros derivados, como la conductibilidad eléctrica, pH, sólidos totales disueltos, absorción de sodio, alcalinidad y dureza del agua. Hay que destacar que la calidad del cultivo depende del tipo de agua utilizar, por tanto es necesario realizar un análisis de agua antes de seleccionar el sitio y cultivo a desarrollar.

En conclusión existen factores que afectan negativamente en la calidad del agua para uso agrícola, por tanto hay que evitar utilizar agua contaminada para regar los cultivos ya que aquello repercute en las cosechas y además afecta la salud humana al consumir los productos. En los sectores donde hay erosión de suelos, se debe utilizar el agua con precaución ya que se presentan problemas de contaminación.

Por lo que se recomienda concientizar a la población para no contaminar las aguas arrojando contaminantes en los ríos, lagos, mares a su vez hay que promover investigaciones para estudiar profundamente los metales que contaminan el agua para uso agrícola y de qué forma se puede disminuir su presencia en cuerpos de agua destinados para el riego.

**Palabras clave:** Agua, Elementos Químicos, Cultivo.

## SUMMARY

### **Chemical elements that affect the quality of water for agricultural use.**

Water is considered as the "vehicle" that transports the chemical inputs to the plant, therefore its quality is important in order to guarantee, in large part, the success of the applications. The parameters that determine the water quality can be physical, chemical and biological. The chemical properties are related to the content of salts in water and derived parameters, such as electrical conductivity, pH, total dissolved solids, sodium absorption, alkalinity and water hardness. It should be noted that the quality of the crop depends on the type of water used, so it is necessary to perform a water analysis before selecting the site and crop to be developed.

In conclusion there are factors that negatively affect the quality of water for agricultural use, therefore we must avoid using contaminated water to irrigate the crops as that affects the crops and also affects human health by consuming the products. In areas where there is soil erosion, water should be used with caution since contamination problems occur.

Therefore, it is recommended to raise awareness among the population so as not to contaminate the waters by throwing pollutants into rivers, lakes, and seas. In turn, it is necessary to promote research to deeply study the metals that contaminate water for agricultural use and how it can reduce its presence in bodies of water destined for irrigation.

**Abstract:** Water, Chemical Elements, Cultivation.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>3</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>3</b>
1.1. Definición del tema caso de estudio.....	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Preguntas orientadas para el análisis del problema .....	3
1.4. Justificación.....	4
1.5. Objetivo general .....	5
1.6. Objetivos específicos.....	5
<b>1.8. Hipótesis.....</b>	<b>18</b>
1.9. Metodología de la investigación .....	18
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>20</b>
<b>RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2. Situaciones detectadas.....</b>	<b>20</b>
<b>2.3 Soluciones planteadas .....</b>	<b>20</b>
<b>2.4. Conclusiones.....</b>	<b>21</b>
<b>2.5. Recomendaciones .....</b>	<b>22</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>23</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>26</b>



# INTRODUCCIÓN

El agua está considerada como el “vehículo” que transporta los insumos químicos hacia la planta, por lo tanto su calidad es importante a fin de garantizar en gran parte, el éxito de las aplicaciones.

La calidad del agua es uno de los criterios indispensables para la producción de los cultivos, ya que puede causar efectos negativos en el rendimiento y pueden llegar a afectar la calidad física y química de los suelos, por tanto juega un papel clave dentro de la producción de alimentos y seguridad alimentaria.

Hay que destacar que la calidad del cultivo depende del tipo de agua utilizar, por tanto es necesario realizar un análisis de agua antes de seleccionar el sitio y cultivo a desarrollar.

Los parámetros que determinan la calidad del agua pueden ser físicos, químicos y biológicos. Las propiedades químicas están referidas al contenido de sales en el agua y parámetros derivados, como la conductibilidad eléctrica, pH, sólidos totales disueltos, absorción de sodio, alcalinidad y dureza del agua.

Las sales minerales tienen como fuente natural la erosión de las rocas y minerales, además existen productos químicos como los fertilizantes que lixivian hacia las fuentes de agua afectando la calidad de la misma. Entre las sustancias químicas inorgánicas se encuentran las sales, los ácidos y metales tóxicos como el sodio, cloro, boro, mercurio y el plomo, que si se presentan en cantidades altas pueden causar daños severos e irreversibles.

El sodio y el cloro son normalmente absorbidos por la raíz. La absorción a través de las hojas produce una mayor acumulación de estos compuestos en las plantas. La concentración adecuada de estos aniones depende del tipo de cultivo, el estado de crecimiento, concentración de los iones tóxicos y combinación de los mismos, clima y

condiciones particulares del tipo de suelo. Las concentraciones de boro menores de 1mg/L sin embargo son esenciales para el desarrollo de la planta, pero altas concentraciones pueden suponer un problema en plantas sensibles. La mayoría de las plantas pueden tener problemas de toxicidad cuando la concentración de boro excede 2mg/L<sup>1</sup>.

El presente documento tuvo como finalidad detallar información sobre los elementos químicos que afectan la calidad del agua para uso agrícola.

---

<sup>1</sup>Lenntech. (2018). Elementos químicos tóxicos en aguas de regadío. Disponible en <https://www.lenntech.es/aplicaciones/riego/toxicos/elementos-quimicos-toxicos-aguas-regadio.htm>

# CAPITULO I

## MARCO METODOLÓGICO

### 1.1. Definición del tema caso de estudio

Los elementos químicos son indispensables para el uso de la calidad de agua a utilizarse en el suelo y en los diferentes tipos de cultivos, por lo que constantemente se debe de realizar un análisis físico-químico para conocer qué tipos de elementos están afectando la calidad del agua a utilizar.

### 1.2. Planteamiento del problema

El agua de mejor calidad es la procedente de formaciones carbonatadas, sin embargo, las aguas de riego utilizadas para la agricultura generalmente poseen contaminantes químicos, por tanto es de vital importancia tener conocimiento de la calidad de agua que se va aplicar a los cultivos, ya que aquellas pueden presentar un alto contenido de materiales pesados como cobre y mercurio, sodicidad (porcentaje de sodio intercambiable) y toxicidad (creando determinados iones). Adicional a aquello puede existir exceso de nitrógeno, pH y contenido de magnesio en áreas de desarrollo agrícola.

La problemática aumenta cuando se produce la infiltración de las aguas que arrastran abonos y pesticidas, éstas se adicionan al suelo, lo que ocurre a medida la humedad del suelo disminuye no se eliminan las sales, por tanto la solución del suelo es más salina a medida que se evapotranspira.

En los cultivos se evidencian el poco desarrollo vegetativo, así como una baja producción.

### 1.3. Preguntas orientadas para el análisis del problema

¿Qué afectaciones causa la mala calidad del agua de uso agrícola en los cultivos?

¿Qué elementos químicos repercuten en la calidad del agua de uso agrícola?

¿Como mejorar las condiciones del agua de uso agrícola?

#### **1.4. Justificación**

Las plantas necesitan agua desde su germinación hasta su producción, sin embargo este vital elemento puede causar a menudo ciertos cambios en el desarrollo de los cultivos. Es necesario determinar la composición del agua de regadío ya que si existe un coctel de elementos dañinos pueden causar efectos adversos en los vegetales.

Intagri (2019) incide en evitar la acumulación de sales en la zona radical del cultivo es quizá la principal preocupación de algunos productores con uso de aguas de alto contenido de sales y sodio. En este sentido, el método de riego que se esté utilizando es el factor que define el “lugar” o lugares de acumulación de sales y la eficiencia de lavado. Cuando se riega con aguas salinas, el sistema de surcos es el más problemático, especialmente asociado a cultivos en camellón, porque la acumulación de sales que se produce en la parte más alta del camellón por efecto de la evaporación del agua coincide con el lugar de ubicación de las semilla.

Cuando se diagnostica esta calidad de agua y es necesario cultivar en este sistema, lo recomendable es adoptar procedimientos especiales de plantación, cuya finalidad es evitar riesgo de contacto semilla-sales. Otra solución, aunque para muchos productores es poco viable, es utilizar más de un tipo de riego según la fenología del cultivo, por ejemplo riego por aspersión en plantación y en lo sucesivo utilizar riego por gravedad (Intagri, 2019).

Es necesario efectuar análisis de agua con la finalidad de determinar los elementos tóxicos presentes en ella, porque si existen elementos minerales o tóxicos origina una concentración de sustancias nocivas para las plantas y estas reaccionan a un debilitamiento general.

## **1.5. Objetivo general**

Compilar información referente a los elementos químicos que afectan la calidad del agua para uso agrícola.

## **1.6. Objetivos específicos**

- Recopilar documentación sobre los elementos químicos que afectan la calidad del agua.
- Establecer que elementos químicos repercuten en la calidad del agua de uso agrícola.

## **1.7. Fundamentación teórica**

Soluciones medioambientales (2015), indica que la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas ríos, lagos, embalses, acuíferos, humedales o mares se produce como resultado de la actividad del hombre, con la que se introducen sustancias que modifican su composición y deterioran su calidad, dificultando su uso e imposibilitando además que cumpla su función ecológica. Conocer qué elementos pueden contaminar el agua y cuál es su papel en el deterioro de su calidad es fundamental para anticiparse al origen de posibles desastres medioambientales y poder prevenir los devastadores efectos que podrían producir tanto en el medioambiente como en la salud humana.

Orta (2016), menciona que el agua es un elemento vital del planeta. Los sistemas fluviales mantienen la vida terrestre y proveen de agua al 90 % de la población mundial. Si por agua entendemos el compuesto químico  $H_2O$ , cualquier cosa distinta a este elemento está cambiando su característica y podría considerarse como un contaminante. El agua pura rara vez se encuentra en la naturaleza. Hay que aceptar la noción de que un contaminante del agua es cualquier sustancia o compuesto cuya concentración límite o impida sus usos

benéficos.

Sela (2017), informa que la calidad del agua de riego como el manejo adecuado del riego son esenciales para la producción exitosa de cultivos. La calidad del agua de riego afecta tanto al rendimiento de los cultivos como a las condiciones físicas del suelo, incluso si todas las demás condiciones y prácticas de producción son favorables / óptimas. Además, los distintos cultivos requieren distintas calidades de agua de riego.

La contaminación del agua es la introducción por el hombre en el ambiente acuático (mares, ríos y lagos) de elementos abióticos o bióticos que causen efectos dañinos o tóxicos, perjudiquen los recursos vivos, constituyan un peligro para la salud humana, obstaculicen las actividades marítimas (incluida la pesca), menoscaben la calidad del agua o disminuyan los valores estéticos y de recreación. Entre los numerosos contaminantes que afectan la calidad de las aguas los plaguicidas químicos merecen especial atención. (Orta, 2016).

Monge (2017), señala que el agua será de buena calidad para el riego agrícola cuando, cumpliendo con sus funciones básicas hacia la planta de manera que garantice un rendimiento óptimo, no produzca efectos perjudiciales al suelo. La calidad del agua para el riego por tanto está ligada a la terna suelo-agua-planta, porque, además de considerar el efecto sobre la nutrición de la planta, se debe de considerar el efecto que la calidad del agua produce en el equilibrio del suelo.

Sela (2017), corrobora que es muy importante realizar un análisis del agua de riego antes de seleccionar el sitio y los cultivos a producir. La calidad de algunas fuentes de agua puede variar significativamente de acuerdo a la época del año (como en una época seca / época de lluvias), así que es recomendable tomar más de una muestra, en distintos períodos de tiempo.

Orta (2016), sostiene que la continua necesidad de producir más alimentos para una población que presenta un rápido crecimiento ha hecho que estos compuestos químicos, en

su mayoría sintéticos, tengan un papel fundamental para garantizar la protección y la calidad de los diferentes cultivos.

FAO (2017), publica que la agricultura es el principal usuario de recursos de agua dulce, ya que utiliza un promedio mundial del 70 % de todos los suministros hídricos superficiales. Si se exceptúa el agua perdida mediante evapotranspiración, el agua utilizada en la agricultura se recicla de nuevo en forma de agua superficial y/o subterránea. No obstante, la agricultura es al mismo tiempo causa y víctima de la contaminación de los recursos hídricos. Es causa, por la descarga de contaminantes y sedimentos en las aguas superficiales y/o subterráneas, por la pérdida neta de suelo como resultado de prácticas agrícolas desacertadas y por la salinización y anegamiento de las tierras de regadío.

Orta (2016), menciona que las aguas que fluyen sobre la superficie de la tierra, ya sean por las lluvias, irrigación u otras fuentes y que corren hacia las zonas bajas, en su avance disuelven los plaguicidas presentes en el suelo. Por otra parte, en su movimiento tanto el agua como el viento erosionan los suelos y arrastran consigo partículas, las cuales pueden llevar plaguicidas absorbidos. A esto se le suma el hecho de que muchos agricultores indebidamente lavan los contenedores y otros medios que utilizan en la aplicación de los plaguicidas en lagos, presas o ríos cercanos, causando su contaminación.

FAO (2017), indica que el uso de aguas residuales y aguas superficiales y subterráneas contaminadas, que contaminan a su vez los cultivos y transmiten enfermedades a los consumidores y trabajadores agrícolas. La agricultura se desarrolla en una simbiosis de tierras y aguas, y deben adoptarse las medidas adecuadas para evitar que las actividades agrícolas deterioren la calidad del agua e impidan posteriores usos de ésta para otros fines.

Monge (2017), informa que las directrices para valorar la utilización de un agua para el riego pretenden dar tan solo una primera orientación, habiendo de observar los síntomas que en las plantas nos indiquen una determinada reacción ante las sales. Con respecto al suelo, habrá que realizar análisis periódicos que nos permitan controlar la

evolución del contenido en sales en el tiempo.

Lenntech (2016), sostiene que los elementos traza son compuestos químicos necesarios, normalmente en cantidades muy reducidas, para el crecimiento, desarrollo y fisiología de plantas y animales. Afortunadamente, la mayoría de los proveedores de regadío y efluentes de aguas residuales contienen cantidades pequeñas de los elementos traza con lo cual no supone ningún riesgo para la irrigación con aguas recicladas. Sin embargo, más de 85% de los elementos traza aplicados suelen acumularse en el suelo y pueden drenar a las aguas subterráneas provocando problemas de contaminación. El límite de toxicidad dependerá del tipo de planta.

Sela (2017), detalla que los parámetros que determinan la calidad del agua de riego se dividen en tres categorías: químicos, físicos y biológicos. Las características químicas del agua de riego se refieren al contenido de sales en el agua, así como a los parámetros derivados de la composición de sales en el agua; parámetros tales como la CE / TDS (Conductividad Eléctrica / sólidos totales disueltos), RAS (Relación de Adsorción de Sodio), la alcalinidad y la dureza del agua.

Intagri (2018), publica que la agricultura es la actividad que mayor demanda agua a nivel mundial, representando globalmente el 69% de toda la extracción. De acuerdo con lo anterior se han implementado métodos modernos de producción con el fin de hacer eficiente el uso del agua y de los insumos agrícolas, como el fertirriego, que es una técnica que suministra nutrientes a los cultivos a través del agua de riego, que puede maximizar los rendimientos y minimizar la contaminación ambiental.

Para FAO (2017), la agricultura, en cuanto mayor usuario del agua dulce a escala mundial y principal factor de degradación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos como consecuencia de la erosión y de la escorrentía química, justifica la preocupación existente por sus repercusiones mundiales en la calidad del agua a escala mundial. Otra actividad afín, el sector de la elaboración agroalimentaria, es también una fuente significativa de contaminación orgánica en la mayor parte de los países. En la



actualidad, la acuicultura es también un importante problema en los medios de agua dulce, estuarios y costas, lo que ha dado lugar a eutrofización y daños en los ecosistemas.

Mazari (2013) aclara que en las aguas subterráneas puede haber elementos químicos naturales como sodio, potasio, manganeso y fierro; otros no naturales como metales pesados desechados por la industria y plaguicidas utilizados en zonas agrícolas. En la actualidad, también hay preocupación por los fármacos provenientes de hospitales y del drenaje de casas habitación y por los productos de uso personal y limpieza. Todos ellos llegan a cuerpos de agua, alcanzan el líquido subterráneo y alteran su calidad.

Lenntech (2016), publica que esto dependerá del tipo de suelo. Cuando un elemento se añade al suelo por irrigación, este puede que se inactive químicamente y no reaccione o puede ser que se acumule y crezca su nivel debido a las reacciones que se producen con otros elementos químicos que forman los complejos estructurales del suelo alcanzando niveles tóxicos. Por ejemplo algunas estructuras de suelos pueden retener estos elementos que quedarían disponibles en la zona de la raíz. Los sistemas de irrigación pueden afectar la absorción de elementos tóxicos por la planta. Por ejemplo, sistemas humidificadores rociados, pueden producir un riesgo alto de absorción de estos elementos tóxicos en las hojas.

Intagri (2018), acota que uno de los factores determinantes en la práctica del fertirriego es la calidad del agua. La calidad del agua de riego para la agricultura es muy importante e influye en la planificación del riego, debido a que nos determina los componentes de la instalación del sistema de riego y su manejo, además del cultivo a establecer.

Chung (2015), indica que los suelos están expuestos a ser contaminados a través de las lluvias que arrastran metales pesados como el plomo, el cadmio, el mercurio, los cianuros, los hidrocarburos, los fenoles, etc. que provocan prácticamente la destrucción de los ecosistemas acuáticos, a los cultivos y también serios daños a las personas que consuman agua o sus productos contaminados. Por otro lado, los fosfatos y nitratos son

arrastrados por las aguas superficiales a los lagos y ríos donde producen eutroficación y también contaminan las corrientes freáticas.

Intagri (2018), aclara que la calidad del agua de riego afecta tanto al rendimiento de los cultivos como a las propiedades físicas del suelo, especialmente a la conductividad hidráulica. Si la calidad del agua no es adecuada, no sirve de mucho que todas las demás condiciones y prácticas de producción sean óptimas. Cabe destacar que no todos los cultivos reaccionan de igual manera ante la calidad del agua, por ejemplo hay plantas que toleran la presencia de metales pesados, mientras que los mismos niveles pueden ser tóxicos para las demás especies; o bien plantas que son tolerantes a salinidad y otras que son extremadamente sensibles a tal condición, es por ello que es importante conocer la calidad del agua para poder establecer un cultivo.

Salgado et al (2014), indican que la contaminación química de las aguas es un problema que afecta su calidad a nivel mundial, por ello el tratamiento de efluentes es considerado una de las estrategias actuales para el manejo de la calidad de las aguas. Entre algunos de los contaminantes químicos peligrosos se encuentran los metales pesados, los nutrientes como compuestos nitrogenados y compuestos del fósforo, así como la materia orgánica, los cuales pueden provenir de residuos domésticos, industriales y agrícolas.

Soluciones Medioambientales y Aguas (2014) indica que se trata de ácidos, sales o metales tóxicos, como el mercurio o el plomo, cuya presencia en el agua en grandes cantidades pueden causar graves daños en los ecosistemas acuáticos, reduciendo la biodiversidad. Proviene de los vertidos domésticos, agrícolas e industriales, que pueden contener distintos compuestos químicos. En ocasiones, son liberados directamente a la atmósfera e incorporados por la lluvia.

Puede darse la circunstancia de que este tipo de contaminantes se acumulen en la cadena alimentaria, generando que los depredadores consuman presas contaminadas. De este modo, los seres humanos pueden quedar expuestos a contaminantes químicos al comer pescado o marisco contaminado, beber agua o practicar actividades recreativas (Soluciones

Medioambientales y Aguas, (2014).

López (2014) indica que el nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento de las plantas, pero en cantidades excesivas provocan la eutrofización, crecimiento desmesurado de las algas verdes cianofíceas y se impide la oxigenación del agua:

- Nitrógeno total y amoniacal: En aguas contaminadas pueden existir nitratos y nitritos procedentes de la oxidación del amoníaco y de fertilizantes.
- Fósforo: no está presente de forma natural en las aguas, en las aguas residuales procede de los excrementos y de los detergentes.

Soluciones Medioambientales y Aguas (2014) indica que la contaminación química también puede repercutir negativamente en el rendimiento de actividades productivas como la agricultura o la ganadería, en las que el agua es un elemento esencial.

Salgado et al (2014), indican que en el caso de los metales pueden provenir de una gran variedad de fuentes: baterías, cerámicas, bombillos de luz eléctrica, pinturas, aceite de motor usado, plásticos, entre otras, y no pueden ser degradados naturalmente, permanecen en los sedimentos y son lentamente liberados en los cuerpos de agua, aun cuando se encuentren presentes en cantidades bajas e indetectables, su recalcitrancia y consiguiente persistencia implica que a través de procesos naturales, como la biomagnificación, su concentración pueda llegar a ser tan elevada que se convierta en tóxica. Entre algunos de los más perjudiciales están el cadmio, el plomo, el cromo y el mercurio, los cuales pueden presentar efectos tóxicos derivados de su acción sobre grupos funcionales vitales de los seres vivos.

Andriani (2014), indica que al ingresar al suelo el agua de riego produce un nuevo equilibrio químico en el mismo, y como consecuencia, una parte del sodio va a quedar adsorbido a las partículas sólidas. Una medida relativa utilizada para conocer la cantidad de sodio adsorbido por el suelo es la determinación del porcentaje de sodio de intercambio (PSI). Este último valor expresa qué proporción de los sitios totales de adsorción del suelo conocidos como complejo de intercambio catiónico (CIC) está siendo ocupado por el sodio.

El sodio sustituye al calcio y al magnesio en el complejo del suelo y cuando alcanza un valor aproximado de un 15 % de PSI, variable según la textura y tipo de arcilla, el proceso de degradación se torna casi irreversible.

Lenntech (2015) indica que altos contenidos de iones de sodio en las aguas de regadío, afecta la permeabilidad del suelo y causa problemas de infiltración. Esto es porque el sodio cuando está presente en el suelo es intercambiable por otros iones. El calcio y el magnesio son cationes que forman parte de los complejos estructurales que forman el suelo generando una estructura granular apropiada para los cultivos. El exceso de iones de sodio desplaza el calcio (Ca) y magnesio (Mg) y provoca la dispersión y desagregación del suelo. El suelo se vuelve duro y compacto en condiciones secas y reduce la infiltración de agua y aire a través de los poros que conforman el suelo. Este problema está igualmente relacionado con otros factores como el nivel de salinidad y el tipo de suelo. Por ejemplo, alto contenido de sodio en suelos arenosos no afecta tanto ya que éstos tienen una gran superficie de drenaje, en contra de otros suelos más compactos.

Aparicio, et al (2014) indican que el peligro potencial de sodificación por aplicación de agua de riego se estima con la relación de adsorción de sodio (RAS), que expresa el valor relativo entre la concentración de iones sodio y la de iones calcio y magnesio en solución. Las sales del agua de riego aumentan la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo (CEe). El incremento de la CEe es una consecuencia esperada de la extracción de agua de las plantas aún sin aplicar riego. Sin embargo, el riego puede incrementar significativamente el pH y el porcentaje de sodio intercambiable, sin generar aumentos significativos en la conductividad eléctrica.

Vieira y Fernández (2015) indican que la evaluación de la calidad del agua con fines de riego, se basa en tres aspectos generales: a) La concentración total de sales; b) La presencia de determinados iones que resultan tóxicos a los cultivos o producen interacciones que dificultan la absorción de otros y c) la presencia de algunos iones que producen modificaciones en las propiedades físicas del suelo, como es el caso del sodio que reduce la permeabilidad del suelo y la penetración del agua. La relación de adsorción

de sodio (RAS), es la principal herramienta usada para evaluar el riesgo de sodicidad de las aguas para riego. Se ha observado que valores altos de RAS en el agua de riego, tienen efectos perjudiciales sobre las propiedades del suelo.

Salgado et al (2014), indican que los dos principales procesos de tratamiento para la remoción de contaminantes de las aguas residuales son químicos y biológicos. A pesar de las ventajas del tratamiento químico, los inconvenientes son enormes. Debido a esto, el tratamiento biológico se ha comenzado a explotar en las últimas décadas, principalmente sacando ventaja de la habilidad de los microorganismos de utilizar diversos constituyentes de las aguas residuales para obtener la energía para su metabolismo, ya sea a través de la asimilación directa de estos compuestos, de su hidrólisis o transformaciones y de la diversidad de mecanismos que presentan para la captura de elementos como por ejemplo los metales pesados.

A medida que aumenta el PSI, las partículas de suelo se hacen más inestables y por lo tanto comienza a producirse una pérdida de la estructura de los suelos. Los rasgos más típicos, observables en un principio, son el encostramiento superficial y la compactación del suelo, que en definitiva producen una disminución en la infiltración del agua en el perfil de suelo. Otra consecuencia de la presencia de altos niveles de sodio es el efecto directo de este sobre las plantas produciendo mermas en los rendimientos de los cultivos (Andriani, 2014).

Andriani (2014), indica que las sales que contribuyen a generar un problema de salinización son siempre sales solubles y, por lo tanto, fácilmente transportables por el agua. Como el agua es el principal transporte, su acumulación en la zona radical de los cultivos se produce por aporte directo del agua de riego. Una alta concentración de sales en el suelo reduce principalmente la disponibilidad de agua para las plantas.

Para FAO (2017), las principales dimensiones ambientales y de salud pública del problema de la calidad del agua dulce en el mundo son los siguientes:

- Cinco millones de defunciones anuales como consecuencia de enfermedades transmitidas por el agua.

- Disfunción del ecosistema y pérdida de biodiversidad.
- Contaminación de los ecosistemas marinos debido a actividades realizadas en tierra.
- Contaminación de los recursos de aguas subterráneas.
- Contaminación mundial por contaminantes orgánicos persistentes.

El Ministerio del Ambiente (2000), indica la tabla de Criterios referenciales de calidad para aguas subterráneas, considerando un suelo con contenido de arcilla entre (0-25,0) % y de materia orgánica entre (0 - 10,0)%.

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Arsénico total	As	ug/l	35
Bario	Ba	ug/l	338
Cadmio	Cd	ug/l	3,2
Cianuro	CN-	ug/l	753
Cobalto	Co	ug/l	60
Cobre	Cu	ug/l	45
Cromo total	Cr	ug/l	16
Molibdeno	Mo	ug/l	153
Mercurio	Hg	ug/l	0,18
Niquel	Ni	ug/l	45
Plomo	Pb	ug/l	45
Zinc	Zn	ug/l	433
<b>Compuestos aromáticos</b>			
Benzeno	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	ug/l	15
Tolueno		ug/l	500
Estireno		ug/l	150
Etilbenceno		ug/l	75
Xileno		ug/l	35
Fenol		ug/l	1000
Cresol <sup>2</sup>		ug/l	100

Hidroquinona		ug/l	400
<b>Hidrocarburos aromáticos policíclicos</b>			
Naftaleno		ug/l	35
Fenatreno		ug/l	2,5
Antraceno		ug/l	2,5
Fluoranteno		ug/l	0,5
Benzo antraceno		ug/l	0,25
Criseno		ug/l	0,026
Benzofluoranteno		ug/l	0,026
Benzopireno		ug/l	0,026
Benzopirileno		ug/l	0,025
Indenolpireno		ug/l	0,025
<b>Hidrocarburos clorados</b>			
Diclorometano		ug/l	500
Triclorometano		ug/l	200
Tetraclorometano		ug/l	5,0
1,1 dicloroetano		ug/l	1300
1,2 dicloroetano		ug/l	200
1,1,1 tricloroetano		ug/l	275
1,1,2 tricloroetano		ug/l	750
Vinilclorado		ug/l	0,35
Cis 1,2 dicloeteno		ug/l	650
Triloroetano		ug/l	250
Tetracloroetano		ug/l	20
Monoclorobenceno		ug/l	90
Diclorobenceno		ug/l	25
Triclorobenceno		ug/l	5
Tetraclorobenceno		ug/l	1,26
Pentaclorobenceno		ug/l	0,5
Hexaclorobenceno		ug/l	0,26

Monoclorofeno		ug/l	50
Diclorofenol		ug/l	15
Triclorofenol		ug/l	5
Tetraclorofenol		ug/l	5
Pentaclorofenol		ug/l	1,5
Cloronaftaleno		ug/l	3
PCBs		ug/l	0,01
<b>Pesticidas orgaoclorados</b>			
DDD, DDE, DDT		ug/l	0,005
Drins		ug/l	0,05
HCH		ug/l	0,5
<b>Carbamatos</b>			
Carbaril		ug/l	0,06
Carbofuran		ug/l	0,06
Maneb		ug/l	0,05
<b>Organonitrogenados</b>			
Atrazina		ug/l	0,05
<b>Compuestos remanente</b>			
Ciclohexano		ug/l	7500
Ftalatos		ug/l	2,75
Hidrocarburos totales de petroleo		ug/l	325
Piridina		ug/l	1,75
Tetrahidrofurano		ug/l	0,75
Tetrahidrotiofeno		ug/l	15

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2000.



Además el mismo autor señala la tabla de Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola, siendo la siguiente:

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	Ar	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Carbamatos totales	Concentración total de carbamatos	mg/l	0,1
Cianuro	CN	mg/l	0,2
Cobalto	Co	mg/l	0,05
Cobre	Cu	mg/l	2,0
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,1
Fluor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Organofosforados	Concentración de órgano fosforados totales	mg/l	0,1
Organoclorados totales	Concentración	mg/l	0,2

	de órgano fosforados totales		
Plata	Ag	mg/l	0,05
Potencia de hidrogeno	pH	mg/l	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,02
Solidos disueltos totales			3000
Trasparencia de las aguas			Mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	0,1
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Coniformes totales	Nmp/100 ml	mg/l	1000
Huevos de parásitos			Cero
Zinc	Zn	mg/l	2,0

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2000.

## 1.8. Hipótesis

**H<sub>0</sub>** Los elementos químicos no afectan la calidad de agua para uso agrícola.

**H<sub>1</sub>** Los elementos químicos afectan la calidad de agua para uso agrícola.

## 1.9. Metodología de la investigación

Para el desarrollo de la presente investigación se recopiló información bibliográfica de libros, revistas, artículos, y páginas web.

La información obtenida fue sometida a la técnica de parafraseo, síntesis y resumen,

tratando de que sea comprendida por el lector y con información referente a los elementos químicos que afectan la calidad del agua para uso agrícola.

## **CAPÍTULO II**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1. Desarrollo del caso**

El presente trabajo correspondió al componente práctico del examen de grado de carácter complejo, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, realizado mediante la investigación bibliográfica, en la Sala de lectura de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, y en diferentes sitios web, en base al tema de estudio “los elementos químicos que afectan la calidad del agua para uso agrícola”.

#### **2.2. Situaciones detectadas**

Sin la acción humana, la calidad del agua se originaría por la erosión del sustrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración, sedimentación de lodos y sales, lixiviación natural de la materia orgánica, los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos y los procesos biológicos en el medio acuático que alteran la composición física y química del agua.

A nivel mundial, el deterioro de la calidad del agua se estudia debido a la expansión del área agrícola e industrial, el crecimiento de la población y la amenaza del cambio climático.

#### **2.3 Soluciones planteadas**

En el futuro la agricultura bajo riego va a tener que disminuir la cantidad de agua utilizada por hectárea y por unidad de producto. También va a tener que recurrir, a la utilización de aguas de calidad marginal que no son aptas para los otros sectores, entre ellos el aumento de la eficiencia del uso del agua en la agricultura, con lo que se destaca:

- Cambio de sistemas de riego superficial a sistemas de presión: aspersión y localizado.

- Aumento de la eficiencia de riego superficial.
- Disminución de las pérdidas en la conducción: revestimientos, tuberías.
- Mejoramiento de la operación de los sistemas de distribución de agua para riego.
- Construcción de reservorios de regulación de ríos, reservorios para sectores de riego, reservorios prediales.
- Producción en hidroponía.
- Aprovechamiento del agua de lluvia; cosecha de lluvia (Prieto, 2017).

Por aquello es necesario antes de aplicar agua de riego en los cultivos realizar un análisis físico- químico del agua, para determinar los posibles contaminantes que se encuentran en ella, y determinar los correctivos necesarios para no provocar efectos perjudiciales en los cultivos, que repercuten en la salud humana al consumir los alimentos.

#### **2.4. Conclusiones**

Por la información recolectada se concluye que:

- Existen factores que afectan negativamente en la calidad del agua para uso agrícola.
- Hay que evitar utilizar agua contaminada para regar los cultivos ya que aquello repercute en las cosechas y además afecta la salud humana al consumir los productos.
- Es necesario realizar constantemente análisis físicos – químicos. Para determinar la calidad del agua.
- En los sectores donde hay erosión de suelos, se debe utilizar el agua con precaución ya que se presentan problemas de contaminación.

## **2.5. Recomendaciones**

- Efectuar análisis físico- químico para determinar la calidad de agua para riego antes de ser empleada.
  
- Concientizar a la población para no contaminar las aguas arrojando contaminantes en los ríos, lagos, mares.
  
- Promover investigaciones para estudiar profundamente los metales que contaminan el agua para uso agrícola y de qué forma se puede disminuir su presencia en cuerpos de agua destinados para el riego.
  
- Efectuar pruebas de uniformidad de agua de riego para medir la distribución de agua en el cultivo, que servirá para que llegue uniforme y no sea excesiva en algunas zonas y deficiente en otras, reduciendo la eficiencia del uso del agua.

## BIBLIOGRAFIA

- Andriani, J. 2014. Impacto del agua de riego sobre las propiedades químicas del suelo. Maíz para mejorar la producción. INTA, EEA, Oliveros. Pág. 41.
- Aparicio, V., Barbacone, A., Costa, J. 2014. Efecto de la calidad de agua para riego complementario sobre algunas propiedades químicas edáficas. Cienc. suelo vol.32 no.1 Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Ciencia del suelo. *Versión On-line* ISSN 1850-2067
- Chung, B. (2015), Control de los contaminantes químicos en el Perú. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica. *Versión impresa* ISSN 1726-4634. Rev. Perú. med. exp. salud publica v.25 n.4 Lima oct./dic. 2008
- FAO (2017). Contaminación agrícola de los recursos hídricos. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s03.htm>
- Intagri. (2018). La calidad del agua para fertirriego. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/la-calidad-agua-para-fertirriego>
- Intagri. (2019). Eficiencia del Riego con Aguas Salinas  
Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/eficiencia-del-riego-con-aguas-salinas>
- Lenntech. 2015. Peligro de sodio en el agua de irrigación. Disponible en <https://www.lenntech.es/aplicaciones/riego/sar/riesgo-sodio-en-regadios.htm>
- Lenntech. (2016). Elementos químicos tóxicos en aguas de regadío. Disponible <https://www.lenntech.es/aplicaciones/riego/toxicos/elementos-quimicos-toxicos-aguas-regadio.htm>

- López, A. 2014. Ecología, contaminación química del agua. Disponible en <http://ecologiacbta85.blogspot.com/2009/06/contaminacion-quimica-del-agua.html>
- Mazari, M. (2013). Estudian calidad del agua en ríos y acuíferos de la cuenca de México. Boletín UNAM-DGCS-730
- Ministerio del Ambiente (2000). Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. República del Ecuador. Registro Oficial No. 74, 10 de Mayo del 2000. Anexo que contiene los Valores Máximos Permisibles de los Indicadores de Contaminación y Parámetros de Interés Sanitario para Descargas Líquidas. Págs. 308 - 313
- Monge, M. (2017). Interpretación de un análisis de agua para riego. Disponible en <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/interpretacion-analisis-agua-riego>
- Moreno, A., Peñaranda, I. (2016). Factores que afectan la calidad de aguas de uso agrícola. Disponible en <http://www.metroflorcolombia.com/factores-que-afectan-la-calidad-de-aguas-de-uso-agricola/>
- Orta, L. (2016). Contaminación de las aguas por plaguicidas Químicos. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Calle 110 no. 514 e/ 5a. B y 5a. F, Playa, Ciudad de La Habana. Fitosanidad. vol. 6, no. 3, ISSN 1562-3009.
- Prieto, M. (2017). Gestión sobre la calidad del agua. Tendencias del uso del agua de calidad marginal en el riego. FAO. El estado mundial de la agricultura y la alimentación.
- Salgado, I., Cárcamo, H., Martínez, A., Carballo, M., Cruz, M., Durán, M. 2014. Efectos ambientales de contaminantes químicos en las aguas: una propuesta biotecnológica para su eliminación. Revista Cubana de Química, vol. XXIII, núm. 3, pp. 87-95 Universidad de Oriente Santiago de Cuba, Cuba



Sela, G. (2017). La Calidad del Agua de Riego. Disponible en <https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/irrigation-water-quality>

Soluciones Medioambientales y Aguas. 2014. Sustancias contaminantes y sus efectos en la calidad del agua. Disponible en <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/sustancias-contaminantes-y-sus-efectos-en-la-calidad-del-agua>

Soluciones medioambientales (2015). Sustancias contaminantes y sus efectos en la calidad del agua. Disponible en <http://www.smasa.net/sustancias-contaminantes-agua/>

Vieira, M., Fernández, D. 2015. Abonos orgánicos y fertilizantes químicos son compatibles con la Agricultura. In: Memoria XVI Congreso venezolano de la Ciencia del Suelo. Maracaibo. (CD ROM).

## ANEXOS







