



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

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

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

“La calidad de agua para riego y su posible efecto en el rendimiento
de los cultivos”.

AUTOR:

Isaac Alejandro Macías Armache

TUTOR:

Ing. Agr. Roberto Medina Burbano, MAE.

Babahoyo - Los Ríos - Ecuador

2021

RESUMEN

El presente documento detalló lo referente a la calidad de agua para riego y su posible efecto en el rendimiento de los cultivos. La composición física- química del agua o también composición mineral del agua y la presencia de sustancias solidas u orgánicas es lo que determina la calidad de agua para riego. Las conclusiones determinaron que el parámetro de calidad, dentro del uso de agua para riego en la agricultura está íntimamente relacionado con la fertirrigación, que engloba diferentes factores entre los que se destacan las concentraciones de sales disueltas, presencia de salinidad, sodicidad, pH, contenido de carbonatos, concentración de elementos de cloro, sodio, boro, calcio, magnesio y sulfatos, los cuales determinan el balance de la aplicación de fertilizantes cuando se aplica una solución nutritiva; la concentración de sales en el agua de riego reduce el agua disponible para las plantaciones, debido a que la planta realiza mayor esfuerzo para absorberla, lo que causa estrés fisiológico por deshidratación, afectando su crecimiento y la calidad de agua para riego es muy importante porque varía según el tipo, las cantidades de sales disueltas y a medida que los factores con pH, salinidad, sodicidad, toxicidad y metales pesados aumentan, se incrementan los problemas de rendimiento en los cultivos.

Palabras claves: calidad de agua, riego, irrigación, producción.

SUMMARY

This document detailed the quality of water for irrigation and its possible effect on crop yield. The physical-chemical composition of the water or also the mineral composition of the water and the presence of solid or organic substances is what determines the quality of water for irrigation. The conclusions determined that the quality parameter within the use of water for irrigation in agriculture is closely related to fertigation, which encompasses different factors, among which the concentrations of dissolved salts, presence of salinity, sodility, pH, content stand out. of carbonates, concentration of elements of chlorine, sodium, boron, calcium, magnesium and sulfates, which determine the balance of the application of fertilizers when a nutrient solution is applied; the concentration of salts in the irrigation water reduces the water available for the plantations, because the plant makes a greater effort to absorb it, which causes physiological stress due to dehydration, affecting its growth and the quality of water for irrigation is very important because it varies according to the type, the amounts of dissolved salts and as the factors with pH, salinity, sodium, toxicity and heavy metals increase, the yield problems in crops increase.

Keywords: water quality, irrigation, irrigation, production.

CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| RESUMEN | ii |
| SUMMARY | iii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I | 2 |
| MARCO METODOLÓGICO | 2 |
| 1.1. Definición del tema caso de estudio | 2 |
| 1.2. Planteamiento del problema | 2 |
| 1.3. Justificación | 2 |
| 1.4. Objetivos | 3 |
| 1.4.1. General | 3 |
| 1.4.2. Especifico | 3 |
| 1.5. Fundamentación teórica | 3 |
| 1.6. Hipótesis | 17 |
| 1.7. Metodología de la investigación | 17 |
| CAPÍTULO II | 18 |
| RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN | 18 |
| 2.1. Desarrollo del caso | 18 |
| 2.2. Situaciones detectadas (hallazgo) | 18 |
| 2.3. Soluciones planteadas | 19 |
| 2.4. Conclusiones | 19 |
| 2.5. Recomendaciones | 20 |
| BIBLIOGRAFÍA | 21 |

INTRODUCCIÓN

Conforme aumenta la población, tanto a nivel mundial, nacional y local, es imprescindible mediante la agricultura, incrementar la producción para satisfacer las necesidades de la alimentación para la humanidad; el rendimiento de los cultivos aumenta de acuerdo a la implementación de mejoras en las prácticas agrícolas y aumento de los insumos agrícolas. El potencial de aumento del rendimiento se correlaciona positivamente con la diferencia entre el rendimiento actual y potencial (brecha de rendimiento).

A lo largo de los dos últimos años, se han realizado innumerables estudios sobre la calidad de agua para riego, donde continuamente se califican las características físicas y químicas, indispensables para el proceso del desarrollo de los cultivos.

Cuando la cantidad de sales que entran en la solución del suelo excede a la cantidad que es removida por el agua de riego en su movimiento a través del perfil del suelo se presentan problemas los cuales pueden variar en clase y magnitud dependiendo de la concentración y el tipo de sales disueltas, ya que los suelos y las plantas reaccionan de manera diferente a diferentes sales (García, 2012).

Las dificultades que se presentan en los cultivos por el uso de agua para riego están íntimamente relacionadas con la salinidad, alcalinidad, infiltración de agua en el suelo, toxicidad de iones y efectos causados por sólidos en suspensión, metales pesados y corrosividad. El efecto del potencial del agua para riego puede afectar el crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos, por tanto es necesario adoptar técnicas de manejo del agua para mantener aceptables niveles de producción.

El presente documento se desarrolló con la finalidad de evaluar la calidad de agua de riego utilizada en las plantas y su efecto en el rendimiento.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento detalló lo referente a la calidad de agua para riego y su posible efecto en el rendimiento de los cultivos.

La composición física- química del agua o también composición mineral del agua y la presencia de sustancias solidas u orgánicas es lo que determina la calidad de agua para riego.

1.2. Planteamiento del problema

Cuando la cantidad de sales ingresan en la solución del suelo excede a la cantidad que es removida por el agua de riego en su movimiento as través del perfil del suelo, cuyos problemas pueden variar en clase y magnitud, dependiendo de la concentración y tipo de sales disueltas debido a que los suelos y las plantas reaccionan diferente, dependiendo de la cantidad de sales.

Los parámetros para clasificar el agua para riego de uso agrícola se debe a la salinidad y sodicidad salinidad, alcalinidad, infiltración de agua en el suelo, toxicidad de iones presentes en ella y metales pesados.

Los problemas más comunes como resultantes de los parámetros de clasificación del uso de agua para riego afectan el crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos debido a que el tipo y concentración de las ales solubles reducen el aprovechamiento de agua en las plantas, decreciendo su rendimiento.

1.3. Justificación

El desarrollo de la agricultura está basado en la disponibilidad de agua

que exista, tanto en cantidad como calidad. La calidad de agua es importante para determinar las láminas de riego, frecuencia de riego y tratamientos a realizarle para un mejor aprovechamiento. En los campos agrícolas factores como clima, estructura física del suelo, mineralogía de arcillas, sistema de producción o cultivo establecido determinan el nivel de restricción que puede tener cierto tipo de agua. Por lo anterior, se considera que los criterios para clasificar el agua no deben ser tan rígidos y deben basarse en las condiciones propias de cada caso (INTAGRI 2018).

El agua para riego agrícola, la misma que está ligada entre el suelo-planta-agua, será de buena calidad cuando cumpla funciones básicas indispensables para los vegetales (efectos sobre la nutrición de la planta y equilibrio del suelo) a fin de garantizar un óptimo rendimiento y que a su vez no provoquen efectos perjudiciales a la productividad.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Estudiar la calidad de agua para riego y su posible efecto en el rendimiento de los cultivos.

1.4.2. Especifico

- Compilar información sobre las diferentes características que presenta el agua utilizada para el riego.
- Describir la influencia de la calidad de agua para riego en el rendimiento de los cultivos.

1.5. Fundamentación teórica

Carabalí *et al.* (2019) relatan que “El agua utilizada para riego con fines agrícolas tiene efectos importantes sobre la producción de cultivos, así como también sobre el deterioro químico del suelo”.

Bonet y Ricardo (2016) refieren que:

La tendencia actual de evaluación de la calidad del agua para propósitos de riego es más cualitativa que cuantitativa, evitando el uso de clasificaciones rígidas y refiriéndose a cada caso en una forma elástica y particular ya que el agua es un recurso cada día más escaso que debe ser manejado cuidadosamente dependiendo de las condiciones ambientales, el tipo de suelo y de cultivo, y de las condiciones económicas y sociales de los agricultores.

Medina *et al.* (2016) plantean que:

Los suelos y agua son recursos estratégicos que contribuyen a la seguridad alimentaria y la generación de servicios ecosistémicos. Puntualmente en el caso de la agricultura de riego, su práctica permite obtener dos o tres cosechas al año en la misma parcela, lo que hace a las áreas irrigadas de gran importancia para la seguridad alimentaria mundial. Las tierras irrigadas, que abarcan 16 % de las tierras cultivadas en el mundo, producen 40 % de los alimentos.

Para Sarabia *et al.* (2019)

Para el caso del agua de uso agrícola, algunas muestras excedieron los límites de sulfatos, sólidos totales y salinidad (expresada como conductividad eléctrica). Estas pueden ser utilizadas en cultivos bajo condiciones de manejo de riego, suelos y cultivos normales. Esto se verá favorecido por las características del suelo, el cual tiene un buen drenaje interno.

Castellón *et al.* (2016) mencionan que:

El gran objetivo de la agricultura es satisfacer las necesidades de alimento y fibras que tiene la humanidad. Dichas necesidades se incrementan conforme aumenta la población, cuyo crecimiento promedio en los últimos 50 años ha sido de 50 millones de personas por año; a éste ritmo de crecimiento poblacional, satisfacer la ingesta de alimentos para los siguientes treinta-cuarenta años requerirá un incremento en la producción agrícola de 40 a 50 %.

SAB (2020) publica que:

La calidad del agua y su composición son factores que por cierto no se pueden subestimar; de hecho influyen en el desarrollo de la planta, en la estructura del suelo y en el mismo sistema de riego. Tanto las propiedades químicas como las físicas (turbiedad, presencia de algas) determinan la idoneidad del agua para uso de riego.

Castellón *et al.* (2016) manifiestan que:

El riego ha tenido una función estratégica en el incremento de la producción de alimentos, sin embargo; en las últimas cinco décadas se ha observado que su práctica no controlada ha ocasionado diversos problemas en el suelo, deteriorado la calidad en grandes superficies agrícolas del mundo.

SAB (2020) divulga que:

Los criterios de calidad de agua para el riego son muy diferentes respecto a los criterios de agua potable; además, los criterios de calidad pueden variar según el tipo de cultivo, dado que distintos cultivos tienen diferentes susceptibilidades a determinados minerales o propiedades del agua. Para la observación de las características del agua es necesario recurrir a análisis químicas de laboratorio.

Puñales y Aguilar (2016) informan que:

La calidad del agua constituye una variable a controlar en la agricultura de regadío, tanto a nivel fuente como a nivel sumidero. Los principales indicadores usados para evaluar la calidad del agua de riego, así como los criterios sobre los procesos que la afectan fueron: la salinidad, la sodicidad, la alcalinidad y la toxicidad iónica específica y las indirectas: la tolerancia de los cultivos a la salinidad, tolerancia de los suelos a la salinidad, sodicidad y alcalinidad, manejo del riego y clima.

SAB (2020) indica que:

Los parámetros y las propiedades químicas que determinan la calidad del agua para riego son:

- Dureza del agua;
- Salinidad del agua;
- PH;
- Alcalinidad del agua;
- La relación entre sodio, calcio y magnesio.

INTAGRI (2018) informa que:

Las principales variables utilizadas para clasificar la calidad del agua desde una perspectiva agrícola son: salinidad, sodicidad y toxicidad por iones específicos.

Salinidad. Parámetro que se mide mediante la conductividad eléctrica (CE) y que se reporta como dS/m. También se puede reportar como sólidos disueltos totales (TDS) y se reporta en mg/L.

Sodicidad. Generalmente la sodicidad se expresa mediante la RAS (relación de adsorción de sodio). La RAS nos da idea del peligro potencial que significa un exceso de sodio sobre el calcio y magnesio.

Toxicidad por iones específicos. Un problema de toxicidad difiere de uno de salinidad debido a que su efecto ocurre dentro de la planta y no es consecuencia de un déficit hídrico.

Castellón *et al.* (2016) expresan que:

La calidad del agua para riego, también está determinada por la concentración y composición de los constituyentes disueltos que contenga. Por lo tanto, ésta calidad es una consideración fundamental para la investigación de las condiciones de salinidad o contenido de sodio intercambiable en cualquier zona de riego. Las características más importantes que determinan la calidad del agua para riego son: 1) la concentración total de sales solubles; 2) la concentración relativa de sodio con respecto a otros cationes; 3) la concentración de boro u otros elementos que puedan ser tóxicos y 4) bajo ciertas condiciones, la concentración de bicarbonatos con relación a la concentración de calcio más magnesio.

Pla-Sentis (2016) expone que:

Los problemas de salinización de suelos revisten particular importancia, especialmente en agricultura de regadío, por su acción sobre las propiedades fisicoquímicas de los mismos, sobre los cultivos y sobre los animales y personas que los consumen. Dichos problemas han sido más estudiados en zonas áridas, donde tienen características específicas, ya que la agricultura bajo riego convencional se ha aplicado tradicionalmente en dichas áreas, mientras que en otros climas el riego se ha usado más que todo para el cultivo de arroz bajo inundación, condiciones bajo las cuales el problema de salinidad es menos frecuente.

INTAGRI (2018) explica que:

En la práctica para manejar aguas con elevadas concentraciones de sales, es necesario dar los riegos con mayor frecuencia y un ligero excedente (depende de la magnitud de la salinidad y del cultivo) que ayude a remover el exceso de sales. Un mal manejo de aguas con alta concentración de sales puede ocasionar baja disponibilidad de agua para los cultivos y por lo tanto disminución en el rendimiento.

Medina *et al.* (2016) estiman que:

Al cultivar un grupo de especies o variedades vegetales en condiciones salinas, muchas veces se establecen con mayor tolerancia a aquellas que presentan un mayor rendimiento, aunque lo más adecuado es medir el rendimiento en condiciones de estrés. Los índices de salinidad y sodicidad, tanto en agua de riego como en suelos agrícolas, permiten clasificar la calidad agronómica de estos recursos, además de dar la pauta para recomendar su uso en la agricultura extensiva, puesto que al conocer la cantidad de sales, de sodio y de iones considerados tóxicos se generará la toma de decisiones acertadas en el manejo sustentable del agua y del suelo en la agricultura.

Pla-Sentis (2016) difunde que:

Aunque es de gran interés conocer el contenido y composición de sales en el agua desde el punto de vista de salinización de los suelos a los

cuales va a aplicar con el riego, es necesario tener en consideración que, de acuerdo a las condiciones del clima, propiedades hidrológicas del perfil del suelo y facilidades del drenaje, dicha concentración y composición pueden variar mucho en la solución del suelo resultante.

SAB (2020) señala que:

La salinidad del agua es uno de los parámetros del agua con los que los cultivadores tienen mayor familiaridad y se refieren a la calidad del agua para riego. Un nivel de salinidad demasiado elevado reduce la capacidad de la planta de absorber el agua. Esto podría implicar disminución del rendimiento, marchitamiento y hojas quemadas y otros síntomas. La salinidad del agua se mide como TDS (sales disueltas totales) o como conductividad eléctrica (CE). Ambos se refieren a la concentración total de sales disueltas en el agua.

Pla-Sentis (2016) determina que:

La utilización del sistema para cuantificar en forma aproximada la evolución de la concentración y composición de las sales en la solución del suelo permite no solo prever los efectos sobre suelos, cultivos y aguas de drenaje, sino también evaluar las diferentes combinaciones de agua de riego, suelo, cultivos y manejo, y seleccionar las más convenientes. Asimismo es útil para realizar diagnósticos bastante precisos de problemas actuales de salinidad, y para establecer las alternativas y posibilidades de recuperación.

Valles *et al.* (2017) destacan que:

La aplicación de agua con alto contenido de sales hace que éstas se acumulen en el suelo, ya que la extracción de agua por el cultivo y la evaporación directa provoca que se concentren en las capas superficiales del suelo. Esto hace que la humedad sea retenida en la superficie dificultando su movilidad hacia las raíces de los árboles. Si esto ocurre, pueden verse síntomas de deficiencia de agua como marchitez que significa cierre de estomas o reducción en la fotosíntesis, menor crecimiento de hojas, brotes y frutos aun cuando el suelo

aparenta estar húmedo.

INTAGRI (2018) describe que:

Las condiciones específicas de cada sitio juegan un papel importante para predecir el riesgo que existe de salinizar un suelo al utilizar agua con altas concentraciones de sales, ya que condiciones de limitada precipitación o lluvias erráticas y escasas resultan más riesgosas que en aquellas donde la precipitación está por arriba de 600 mm.

Pla-Sentis (2016) define que:

La calificación de salinidad de aguas de riego no puede hacerse en forma aislada, sin tomar en cuenta los demás factores que inciden sobre las concentraciones finales de la solución del suelo. En el proceso de salinización revisten particular importancia los cambios que pueden ocurrir en la composición de la solución del suelo por la precipitación de ciertas sales de solubilidad limitada, tales como carbonatos de Ca y Mg y sulfatos de Ca.

De acuerdo a Medina *et al.* (2016):

En cuanto a la irrigación, la producción agrícola es la actividad que mayor cantidad de agua requiere a nivel mundial, debido a que se destina aproximadamente 69%, es decir 483 m³ por persona al año. El riego puede incrementar los niveles de salinidad en el suelo, cuando no se prevé adecuadamente la instalación de sistemas de drenaje.

Pla-Sentis (2016) considera que:

El diagnóstico del desarrollo actual y potencial de suelos "salino-sódicos" y "sódicos" con aguas de riego de bajo contenido de sales en suelos agrícolas con drenaje muy deficiente, y con clima tropical subhúmedo o semiárido. Se señala la utilidad que podrían tener el uso de técnicas de radiación en el entendimiento de las relaciones entre los factores incluidos en el sistema, y en el mejoramiento de las evaluaciones cuantitativas requeridas para el diagnóstico de los problemas y la selección del mejor uso y prácticas de manejo del agua de riego

disponible.

Baccaro *et al.* (2016) comenta que:

El exceso de sales solubles perjudica el crecimiento de los cultivos, ya que dificulta la absorción de agua debido a un efecto de potencial osmótico. No sólo es importante la concentración de sales en el agua, sino también la composición de ésta en cuanto al tipo de cationes y aniones presentes. Aguas con alto contenido de sodio tienden a aumentar el nivel de sodio (Na⁺) intercambiable en el suelo.

Valles *et al.* (2017) aseguran que:

Las condiciones de altas tasas de evaporación y reducida precipitación pluvial, son factores que contribuyen a la acumulación de sales y sodio en el suelo, cuando se hace un manejo inadecuado del agua de riego con alto contenido de sales y prácticas de labranza inapropiadas en suelos arcillosos y con un deficiente drenaje en el perfil.

INTAGRI (2018) argumenta que:

En la actualidad con el riego por goteo y cultivos hidropónicos bajo invernadero es posible obtener rendimientos aceptables con aguas salinas, siempre y cuando sean manejados adecuadamente los bulbos de humedad. El cultivo a establecer influye mucho debido a que el uso o no de un tipo de agua sobre él dependerá de su tolerancia a las sales. También es importante considerar el método de riego, pues el riego por aspersión con agua elevada en bicarbonatos y cloruros afecta más al cultivo que si estas mismas se aplicaran por goteo o gravedad.

Bonet y Ricardo (2016) apuntan que “El uso de agua de mala calidad puede ocasionar problemas en el suelo y en los cultivos; estos pueden ser problemas de salinidad; disminución de la tasa de infiltración, toxicidad específica sobre los cultivos y otros”.

INTAGRI (2018) afirman que:

La sodicidad puede expresarse también mediante la RAS ajustada, la

cual toma en cuenta el contenido total de sales y la presencia de bicarbonatos, los cuales si no se eliminan pueden precipitar el calcio y esto coadyuva a que el problema del sodio se incremente. Tanto la RAS como la RAS ajustada se expresan en meq/L. La RAS ajustada es más precisa y recomendable al momento de clasificar el agua de riego en cuanto al riesgo de sodificación del suelo. La manera de resolver problemas por sodicidad es mediante la adición de calcio o formador de calcio, ya sea al suelo o al agua.

Baccaro *et al.* (2016) aclaran que:

Los suelos se dispersan, decreciendo la conductividad hidráulica o la permeabilidad, lo cual interfiere con el drenaje y el normal suministro de agua, y la aireación requerida para el crecimiento del cultivo. Las aguas sódicas presentan el peligro adicional de que el lavado del suelo con agua de lluvia no es tan efectivo en desplazar el sodio como ocurre con las sales. Las aguas para riego pueden presentar otros cationes como calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}), generalmente cantidades menores de potasio (K^{+}), aniones como cloruro (Cl^{-}), bicarbonato (HCO_3^{-}), carbonato (CO_3^{2-}) y sulfato (SO_4^{2-}).

Castellón *et al.* (2016) reportan que:

Por sus características estructurales, el agua disuelve y mantiene en suspensión un gran número de sustancias, algunas de las cuales son potencialmente tóxicas para las plantas, por lo que su acumulación (ya sea o no directamente tóxica) genera problemas en los vegetales por efecto salino. En este sentido, uno de los factores más importantes en la producción intensiva de cultivos después de la disponibilidad del agua, es su calidad, la cual se puede dividir en química y agronómica.

Según Medina *et al.* (2016):

Cuando la sodicidad y la salinidad se encuentran presentes en el suelo, se incrementa la presión osmótica del agua del suelo, lo que impide su aprovechamiento por parte de las raíces y se genera además un desbalance nutricional, provocando toxicidad y deficiencias en las

plantas todo lo anterior se traduce en una disminución del rendimiento y la calidad del producto final vegetal y por supuesto en la fertilidad del suelo agrícola.

Carabalí *et al.* (2019) señalan que:

La cantidad de agua para riego depende de las necesidades hídricas de los cultivos y del agua que está disponible para los mismos de forma natural. Sin embargo, en las aguas naturales, de las cuales se toma para riego, pueden presentarse contaminantes de naturaleza inorgánica, especialmente fertilizantes y metales pesados, los cuales tienen importancia por su toxicidad para los organismos vivos; además, el agua superficial a medida que circula por la corteza terrestre arrastra y disuelve minerales, gases, compuestos orgánicos, microorganismos, entre otros.

INTAGRI (2018) sostiene que:

En este sentido, en la toxicidad por iones las plantas absorben los iones y los acumulan en sus tejidos; cuando esta acumulación excede ciertos niveles se presenta un daño y la magnitud dependerá de la concentración, el tiempo, la sensibilidad del cultivo y el uso del agua por parte de la planta. El daño puede ser ocasionado por un ion o por la combinación con otros. Los iones más comunes en el agua son cloruros, sodio y boro.

Bonet y Ricardo (2016) agregan que:

Los altos niveles de Na^+ y Cl^- , presentes en el agua empleada para el riego, unido a los síntomas de toxicidad y poco desarrollo vegetativo de los cultivos han llevado a plantear la necesidad de valorar si se justifica mantener los niveles de siembra.

Baccaro *et al.* (2016) analizan que:

El exceso de Cl^- puede ser tóxico para algunas plantas, mientras que el HCO_3^- tiende a precipitar con los iones Ca^{2+} y Mg^{2+} , bajo la forma de CO_3^{2-} . Esto resultó en un aumento de la concentración relativa de Na^+

intercambiable y en la dispersión del suelo. Estudiar la calidad del agua puede proporcionar información acerca del ambiente a través del cual circuló el agua y del impacto de las prácticas de manejo en el ecosistema. La calidad del agua es importante no sólo desde el punto de vista de la población, como agua para consumo humano, sino también como agua de riego para alcanzar una adecuada producción de cultivos.

Medina *et al.* (2016) agregan que:

Al referirse de manera particular a la fertilidad del suelo, el contenido de materia orgánica es un factor importante, porque no solo aporta nutrientes a la planta y contiene cerca de 5% del N total, de manera adicional amortigua la absorción de sustancias peligrosas contenidas en los plaguicidas, al mismo tiempo, su presencia mejora los rendimientos.

Sarabia *et al.* (2019) argumentan que:

Respecto a las concentraciones de nitrógeno (como nitratos) en agua para usarse en riego agrícola, no existe inconveniente en que presente concentraciones altas ya que el nitrógeno es aprovechado por los cultivos en su desarrollo. Sin embargo, se deben de tener presentes estos valores cuando se utilicen fertilizantes, ya que se considera que al utilizar $700\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de agua de riego, con una concentración de 25 mg L^{-1} de nitratos aportaría $40 \text{ kg de N por ha}$ al suelo, y puede ser factible un ahorro en el fertilizante y disminuir el riesgo de contaminación.

De acuerdo a Mancilla *et al.* (2018):

Los altos niveles de concentración de metales pesados en agua utilizada para riego representan un problema importante para la agricultura y la salud humana, así como para la biodiversidad.

Medina *et al.* (2016) determinan que:

En conjunto la calidad del suelo y agua para la agricultura influyen de manera directa en el rendimiento y calidad de los cultivos existen condiciones puntuales que determinan el estado de ambos recursos, salinidad y sodicidad son dos de las principales además de la presencia

de ciertos elementos que pueden ser considerados como micronutrientes y a la vez iones tóxicos en cantidades excesivas como el Boro.

SAB (2020) divulga que:

La dureza del agua es básicamente la suma de las concentraciones de calcio y magnesio del agua, expresadas en PPM (partes por millón) de CaCO₃. El calcio y el magnesio son ambos nutrientes esenciales para las plantas y una adecuada concentración de ambos elementos del agua son un beneficio. Sin embargo, cuando la dureza del agua es demasiado elevada, en el sistema de riego podrían producirse precipitaciones de sales, de calcio y de magnesio. (Una dureza del agua demasiado baja podría causar corrosión en el sistema de riego).

Sarabia *et al.* (2019) explican que:

En general, sólo cultivos sensibles a las sales podrían verse afectado en el rendimiento. También en el caso de las muestras que excedieron valores, pueden tener problemas con el riego por aspersión, no así con el sistema de riego por goteo o de gravedad. Esto significa que dependerá en gran medida del cultivo, del manejo del agua o del sistema de riego, del suelo y de su manejo para que pueda ser considerada una restricción el sistema agrícola actual.

SAB (2020) expresan que:

El pH del agua influye en la solubilidad de los sales minerales. Los minerales no disueltos no están disponibles para las plantas, dado que las plantas pueden absorber los minerales sólo por una solución acuosa, en forma de iones, directamente a través del agua o a través de la solución del suelo. La mayoría de los nutrientes están disponibles con un intervalo de PH comprendido entre 5,5 y 6,5.

Sarabia *et al.* (2019) informan que:

Respecto al uso del agua y del suelo, existe una relación muy importante y directa con la producción y seguridad de los alimentos que se

producen en la zona agrícola del valle, que ha ido disminuyendo notablemente a causa de un crecimiento no planeado de las áreas urbanas. Al incrementarse los volúmenes de agua para uso urbano se ha ido incrementando también lo ha hecho el volumen de agua residual para los cultivos. Debido a lo anterior las áreas de cultivo funcionan como filtros biológicos de las aguas residuales, sin embargo, no se ha estudiado a fondo el problema que genera el uso de este tipo de aguas sobre los suelos, cultivos ni en la población.

SAB (2020) publica que:

La alcalinidad del agua es la medida de la capacidad del agua de resistir a las variaciones del PH. Se calcula como la suma de ácido carbónico (H_2CO_3), bicarbonatos (HCO_3) y carbonatos (CO_3^{2-}) en el agua. Se considera como un parámetro importante de calidad del agua para riego, dado que es muy difícil reducir el PH del agua con alta alcalinidad, antes que reducir el PH del agua con baja alcalinidad, aunque si ambos tienen el mismo nivel inicial de PH. Esto puede influir en la disponibilidad de muchos nutrientes. La alcalinidad, como la dureza, se expresa en PPM de $CaCO_3$.

SAB (2020) sostiene que:

Debido a su volumen infinito es muy difícil influir en el pH del suelo controlando el pH del agua para riego. Por tanto, la regulación del PH del agua es importante en los siguientes casos:

- Para evitar el atasco de los emisores (por ejemplo en el riego por goteo) debido a las precipitaciones minerales. Por ejemplo, carbonato de calcio;
- En la hidroponía y en los terrenos sin suelo, adonde el PH del agua para riego influye directamente en la disponibilidad de los nutrientes;
- Cuando un riego frecuente se aplica al suelo. En ese caso, el PH del agua puede influir en la absorción de los nutrientes.

De acuerdo a Bonet y Ricardo (2016):

Estudios realizados indican que si bien el efecto tóxico sobre los cultivos pueden estar presentes, no es el único factor que limita actualmente los

rendimientos agrícolas. Los niveles de Na^+ y Cl^- encontrados en el agua pueden producir toxicidad sobre los cultivos; incrementándose estos con la tecnología de riego empleada, por lo que se incide decisivamente en el resultado productivo el uso y mal manejo de aguas de mala calidad.

Carabalí *et al.* (2019) manifiestan que:

Investigaciones donde se evaluó la cantidad y calidad de agua disponible para el riego de un cultivo sustentable de quinua en la quebrada Togllahuayco, parroquia Guangopolo, Ecuador. Esta quebrada dispone de un volumen de 23.347,95 m³ anuales de agua y solo requiere de 6.747,5 m³ anuales para el cultivo de quinua. Se tomaron muestras de agua y se midió la concentración de sodio, potasio, calcio, magnesio, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros y la conductividad eléctrica. Se calculó el índice de relación de adsorción de sodio (RAS). Se aplicó el método de Pearson entre las variables RAS y la conductividad eléctrica encontrándose una correlación. El RAS fue de 3,94 meq/L y la conductividad eléctrica (CE) de 324 uS/cm.

El mismo autor señala que el agua se encuentra en la clasificación C2S1 después de la aplicación del método de Richards; presenta un valor bajo de peligrosidad salina y un valor medio de peligrosidad sódica, considerándose apta para el riego. Los resultados de esta investigación son la base para el desarrollo de un plan de gestión sostenible de los recursos hídricos y manejo adecuado del suelo en la quebrada Togllahuayco. Además, se debe implementar un enfoque que permita la recuperación ecológica de la quebrada evitando la erosión y desgaste del suelo Carabalí *et al.* (2019)

Valles *et al.* (2017) plantea que:

Numerosos estudios han demostrado que el uso de fertilizantes y pesticidas ha contribuido en gran medida a la mejora de la producción de alimentos. Sin embargo, el uso ineficiente de los mismos también puede dar lugar a un considerable riesgo a la salud humana. Principalmente para los agricultores y para el ambiente de ecosistemas agrícolas.

Relacionado a lo anterior la calidad del agua para riego es sumamente importante, ésta varía según el tipo y la cantidad de sales disueltas y a medida que el contenido aumenta, los problemas en el suelo y en los cultivos se incrementan.

Para Mancilla *et al.* (2018):

Se concluyó que el agua superficial no representa riesgos para riego agrícola. La mayor concentración y dispersión la presentó el As con valores de 0.0 a 0.78 mg L⁻¹, mientras que la menor con 0.0 a 0.03 mg L⁻¹, fue para el Hg. Las descargas de agua residual hacia los ríos, contaminan gravemente y llevan a sobrepasar los límites permisibles para Cd, Hg y Pb en agua para uso y consumo humano.

1.6. Hipótesis

Ho= La calidad de agua para riego causa un posible efecto en el rendimiento de los cultivos.

Ha= La calidad de agua para riego no causa efecto en el rendimiento de los cultivos.

1.7. Metodología de la investigación

El desarrollo del documento sirvió para el proceso de titulación del componente práctico de carácter complejo y se realizó mediante la recopilación de información de artículos, revistas científicas, textos y bibliotecas virtuales.

La información obtenida fue resumida y parafraseada, mediante la técnica de análisis – síntesis; aportando en el proceso de investigación sobre la calidad de agua para riego y su posible efecto en el rendimiento de los cultivos.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

El presente documento trató sobre la calidad de agua para riego y su posible efecto en el rendimiento de los cultivos.

En la agricultura de regadío la calidad del agua es un importante factor a considerar para la obtención de altos rendimientos agrícolas, además adquiere cada día más actualidad e importancia debido a la limitación de los recursos hídricos, al aumento de la contaminación de embalses y ríos y a la excesiva explotación de las aguas subterráneas (Bonet y Ricardo 2016).

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

Entre las situaciones detectadas se puede acotar:

La calidad de agua para riego puede causar efectos nocivos para la salud y el ambiente, debido a su efecto que causan en las plantaciones, por la presencia de microorganismos patógenos y diversos factores de contaminación de aguas.

Cuando la cantidad de elementos como sodio y cloro presentes en aguas disponibles para riego es alta, se obtiene mayor toxicidad para las plantas, lo que repercute en los rendimientos.

La aplicación de agua en los cultivos con altos contenido de sales repercute para que estas se acumulen en el suelo sino que se concentran en las capas superficiales, debido a que la extracción de agua por el cultivo y la evaporación, lo que incide para que las raíces no puedan absorberla y se presentan en los cultivos síntomas de deficiencia de agua como marchitez, reduciendo la fotosíntesis y menor crecimiento de las hojas, brotes y frutos, aun

aparentando el suelo estar húmedo.

2.3. Soluciones planteadas

Las soluciones planteadas son las siguientes:

Con los análisis químicos en laboratorio de agua para riego se puede crear o corregir suelos salinos o alcalinos, logrando mejor desarrollo a las plantaciones y disminuyendo los costos de producción a los agricultores al utilizar agua que mejoren los rendimientos.

Se debe utilizar agua para riego de calidad, verificando que el contenido de metales pesados como plomo, níquel, cadmio y manganeso estén presentes en baja o escasa cantidad, debido que estos metales son atrayentes de los suelos agrícolas, siendo peligrosos por su carácter no biodegradable, la toxicidad que ejercen y su biodisponibilidad en los cultivos.

2.4. Conclusiones

Las conclusiones se detallan a continuación:

El parámetro de calidad, dentro del uso de agua para riego en la agricultura esta íntimamente relacionado con la fertirrigación, que engloba diferentes factores entre los que se destacan las concentraciones de sales disueltas, presencia de salinidad, sodicidad, pH, contenido de carbonatos, concentración de elementos de cloro, sodio, boro, calcio, magnesio y sulfatos, los cuales determinan el balance de la aplicación de fertilizantes cuando se aplica una solución nutritiva.

La concentración de sales en el agua de riego reduce el agua disponible para las plantaciones, debido a que la planta realiza mayor esfuerzo para absolverla, lo que causa estrés fisiológico por deshidratación, afectando su crecimiento.

La calidad de agua para riego es muy importante porque varía según el tipo, las cantidades de sales disueltas y a medida que los factores con pH, salinidad, sodicidad, toxicidad y metales pesados aumentan, se incrementan los problemas de rendimiento en los cultivos.

2.5. Recomendaciones

Po lo expuesto se recomienda:

Realizar análisis de calidad de agua, para evitar la aplicación de metales contaminantes de agua a los cultivos, lo que son perjudiciales debido a que disminuyen los rendimientos.

Difundir a los agricultores sobre el uso de agua de riego y los efectos perjudiciales que causa si el agua presenta materiales contaminantes que afectan a las plantaciones.

BIBLIOGRAFÍA

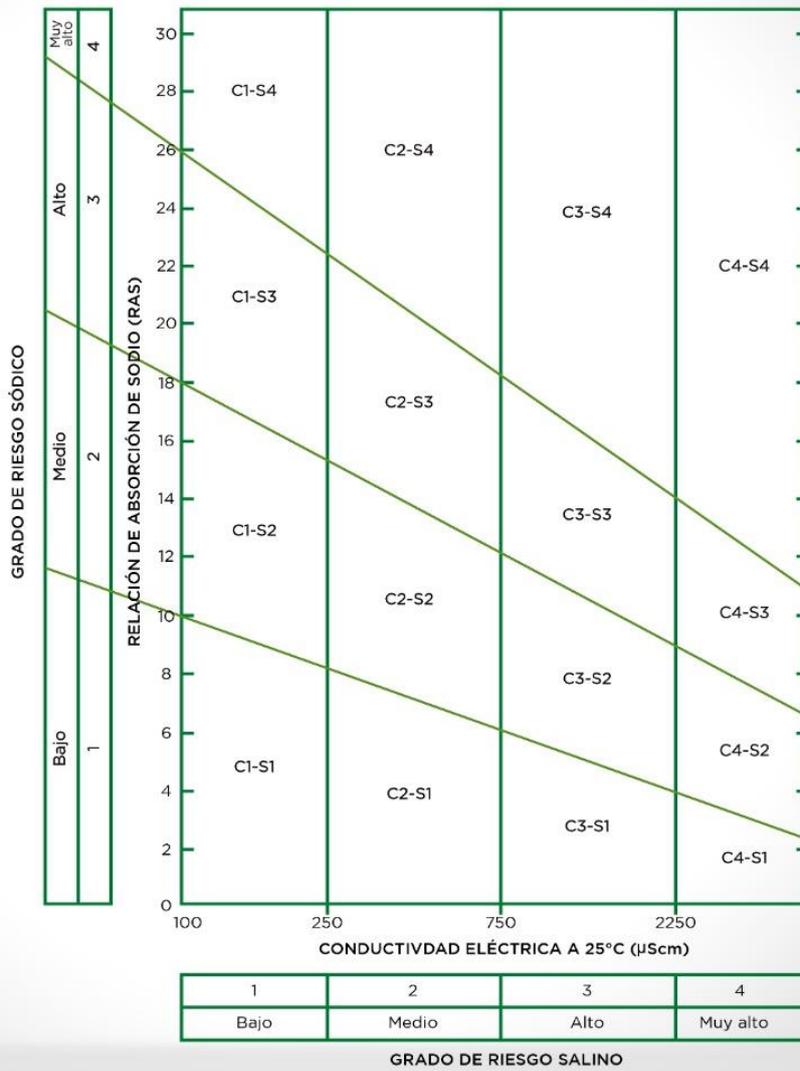
- Baccaro, K.; Degorgue, M.; Lucca, M.; Picone, L.; Zamuner, E.; Andreoli, Y. (2016). Calidad del agua para consumo humano y riego en muestras del cinturón hortícola de Mar del Plata RIA. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, vol. 35, núm. 3, diciembre, pp. 95-110
- Bonet Pérez, C., Ricardo Calzadilla, M. P. (2016). Calidad del agua de riego y su posible efecto en los rendimientos agrícolas en la Empresa de Cultivos Varios Sierra de Cubitas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20(3), 19-23.
- Carabalí, J. A. Q., García, J. G., Solano, M., Llumiquinga, G., Burgos, C., & Villacrés, D. V. C. (2019). Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Togllahuayco. *Siembra*, 6(2), 46-57.
- Castellón Gómez, Juan José; Bernal Muñoz, Roberto; Hernández Rodríguez, María de Lourdes (2016) Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala Ingeniería, vol. 19, núm. 1, pp. 39-50
- García, A. (2012). Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 6, 27-36.
- INTAGRI. 2018. Clasificación de Aguas para Riego Agrícola. Serie Agua y Riego. Núm. 20. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p.
- Mancilla-Villa, Ó. R., Ortega-Escobar, H. M., Ramírez-Ayala, C., Uscanga-Mortera, E., Ramos-Bello, R., & Reyes-Ortigoza, A. L. (2018). Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 28(1), 39-48.
- Medina Valdovinos, E. K., Mancilla Villa, O. R., Larios, M. M., Guevara Gutiérrez, R. D., Olguín López, J. L., & Barreto García, O. A. (2016). Calidad del agua para riego y suelos agrícolas en Tuxcacuesco, Jalisco. *Idesia (Arica)*, 34(6), 51-59.
- Pla-Sentis, I. (2016). Memoria encargada. Sistema integrado agua-cultivo-suelo-manejo para evaluar la calidad de agua para riego. *Isotope and Radiation Techniques in Soil Physics and Irrigation Studies* Pág. 204 - 205. Disponible en <https://repository.rothamsted.ac.uk/download/1814c618ec46ee0591d819>

1712ad3f9bd258d1bb7b6720e1fa0c65d4ef1ff6ba/12164508/IAEA%20.pdf#page=203

- Puñales, T. T., Aguilar, C. B. (2016). La calidad del agua para el riego. Principales indicadores de medida y procesos que la impactan. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(1), 46-61.
- SAB. 2020. La calidad del agua para riego. Disponible en <https://www.sabspa.com/es/la-calidad-del-agua-para-riego/>
- Sarabia Meléndez, I. F., Cisneros Almazán, R., Aceves de Alba, J., Durán García, H. M., Castro Larragoitia, J. (2019). Calidad del agua de riego en suelos agrícolas y cultivos del Valle de San Luis Potosí, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 27(2), 103-113.
- Valles-Aragón, M. C., Ojeda-Barrios, D. L., Guerrero-Prieto, V. M., Prieto-Amparan, J. A., & Sánchez-Chávez, E. (2017). Calidad del agua para riego en una zona nogalera del Estado de Chihuahua. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 33(1), 85-97.

ANEXOS

RELACIÓN DE ABSORCIÓN DE SODIO (RAS)



| Boro en agua de riego ppm | Nivel de tolerancia | Cultivos |
|---|----------------------------|---|
| Sensible | 0.5 – 1.0 | Durazno, cereza, ciruelo, vid, cebolla, ajo, trigo, cebada, girasol, frutillas |
| Moderadamente sensible | 1.0 – 2.0 | Arveja, zanahoria, rábano, papa, pepino |
| Moderadamente tolerante | 2.0 – 4.0 | Lechuga, col, apio, avena, maíz, tabaco, calabaza |
| Tolerante | 4.0 – 6.0 | Tomate, alfalfa, remolacha |
| Muy tolerante | 6.0 – 15.0 | Espárrago |
| Fuente: BRITISH COLUMBIA WATER QUALITY GUIDELINES | | |