

WATER QUALITY FOR IRRIGATION SYSTEMS IN COLOMBIA

CALIDAD DEL AGUA PARA SISTEMAS DE RIEGO EN COLOMBIA

Guerrero, J.¹; Hernández, B.²; Castellanos, L.³

¹Ing. Jaime Guerrero Pacheco

Ingeniero Agrónomo. Programa de Ingeniería Agronómica, facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona, Tel: (57+7)5685303, e-mail: gpacheco.0730@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3459-6378>

²Ing. Belcy Hernández Tabaco

Ingeniera Ambiental. Gestor de Investigación, Vicerrectoría de Investigaciones, Universidad de Pamplona, Tel: (57+7)5685303, e-mail: belsy.hernandez@unipamplona.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2326-2332>

³PhD. Leonides Castellanos

Docente tiempo completo. Programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona, Tel: (57+7)5685303, e-mail: lclcastell@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9285-4879>

RESUMEN

La calidad del agua es elemental para la producción de cultivos de manera exitosa, ya que este impacta en el rendimiento de los cultivos y en las condiciones del suelo. Para evaluar su aptitud para fines de riego, se debe en primer lugar hacer un muestreo representativo y luego en el laboratorio determinar los siguientes parámetros: cantidad de sales totales disueltas; niveles de calcio, magnesio, sodio, potasio, pH, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, cloruro, boro, y Razón de Sodio Adsorbido (RAS). El objetivo del siguiente artículo de revisión es realizar una reflexión acerca de las propiedades fisicoquímicas y calidad microbiológica del agua para riego. el uso de microorganismos eficientes para mejorar el agua de riego, como parte del análisis de la revisión teórica permitió argumentar y concluir desde el que hacer de la agricultura que la calidad del agua de riego es un factor muy importante a la hora de tomar decisiones sobre la elección del sistema de riego, determinación de los componentes de la instalación y del propio manejo del riego y del cultivo como medida para mitigar problemas de salinidad, infiltración del agua en el suelo, de toxicidad para las plantas u otros derivados de las obturaciones en sistemas de riego localizado.

PALABRAS CLAVE

Agricultura, cultivos, producción, microorganismos eficientes, propiedades fisicoquímicas.

ABSTRACT

Water quality is elementary for successful crop production, as it impacts crop yield and soil conditions. To assess its suitability for irrigation purposes, a representative water, as part of the analysis of the theoretical review that allows to argue some conclusions and reflections from the work of agriculture. It is concluded, The quality of irrigation water is a very important factor when making decisions about the choice of the irrigation system, determining the components of the installation and the management of irrigation and cultivation itself in order to avoid problems of salinity, infiltration of water into the soil, toxicity to plants or other derivatives of blockages in localized irrigation systemsampling must first be done and then the following parameters should be determined in the laboratory: amount of total dissolved salts; levels of calcium, magnesium, sodium, potassium, pH, nitrates, carbonates, bicarbonates, chloride, boron, and Sodium Adsorbed Ratio (RAS). The objective of the following writing is to reflect on the physicochemical properties of water, microbiological quality of irrigation sgr. the use of efficient microorganisms to improve irrigation

Keywords: agriculture, crops, production, efficient microorganisms, physicochemical properties.

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento fundamental para la vida de los seres humanos, ya que es un elemento presente para la ejecución de todas las actividades que se realizan como un recurso indispensable. Es así, como recurso indispensable y relevante en las actividades económicas, específicamente en la agricultura por que puede ayudar o afectar a la planificación del riesgo y el sistema de regadío implementado. (Salazar *et al.*, 2014).

De esta manera, se comprende que el estado del agua es elemental para la producción de cultivos de manera exitosa, ya que este impacta en el rendimiento de los cultivos y en las condiciones del suelo. (Cárdenas, 2018; Trujillo *et al.*, 2019).

Por lo tanto, es necesario tener conocimiento de donde se encuentra ubicado y la capacidad de explotación que tienen algunos recursos hídricos subterráneos, para poder hacer uso según el estado en que se encuentre según la evaluación de la calidad del agua. (Mahecha *et al.*, 2020).

Afirma el citado autor que:

“Para regar, en principio se deberá conocer cuáles son los caudales explotables de cada pozo, pero, asimismo, para no afectar la calidad de otros recursos naturales, como por ejemplo el suelo, es necesario determinar la metodología de riego y la calidad del agua, para implementar las herramientas adecuadas de manejo y conservación de los recursos.” (p, 1-2).

Por consiguiente, es posible afirmar que la práctica del riego en la agricultura desde la antigüedad tiene importancia, sobre todo en aquellos cultivos que son dependientes a los cambios y efectos climáticos pues son cultivos bajo en riego. Se asocia, que solo el 15% de las tierras cultivables del mundo son regadas y esto representa un 35-40% del total de los alimentos producidos. La expansión del área regada fue en gran parte responsable de la “revolución verde” en la producción de alimentos y continuará siéndolo ya que juega un rol fundamental en la producción agrícola de los países en desarrollo. (Mahecha *et al.*, 2020).

De igual importancia, el agua tiene diversas funciones, una de ellas es la de regulación térmica, la disolución de gases y sustancias orgánicas e inorgánicas, por esto el agua en la mayoría de los casos no se encuentra pura, al estar en ese estado se puede dar reacciones de oxireducción que permiten la fotosíntesis de las plantas esto sujeto a la etapa fenológica del cultivo, a su vez el ciclo biológico y en las condiciones que se encuentre la atmosfera permite a un cultivo soportarse con el agua del suelo, aunque en muchos de ellos la cantidad de agua es baja por lo que requiere suplementar a través del riego. (Sánchez *et al.*, 2009).

Es por esto, que (Acosta y Salvadorini, 2017) exponen que el agua que tiene usos en la agronomía para riego, tiene efectos determinantes en la producción de los cultivos; he allí la importancia de la calidad de la mismas. Dichos efectos, se encuentran estrechamente relacionados con el éxito de los cultivos a corto, mediano y largo plazo.

De modo, que el uso desmedido y continuo de agua en mal estado es perjudicial por que causa cambios en las propiedades edáficas, categorizando este suelo como no apto para la agricultura (Villamizar y Fernández, 2015; Metroflor, 2018).

Conviene subrayar, que sin tener en cuenta el origen del agua, esta debe estar cumpliendo unos parámetros de calidad para ser usada como agua de riego, aunque existen algunas excepciones donde se puede omitir algunos parámetros, se debe tener la precaución de poner límites a este uso desmedido de agua de baja calidad en el riego para que no se vean afectadas las propiedades del suelo (Cortés-Jiménez *et al.*, 2009; Ortega *et al.*, 2020).

Dicho lo anterior, se relacionan algunas investigaciones internacionales ejecutadas, como es la ejecutada por Sarabia, (2011) el estudio se tituló “

Calidad del agua de riego en suelos agrícolas y cultivos del valle de San Luis Potosí, México” dicho trabajo se enfocó en evaluar la calidad del agua de esta zona como consecuencia de la poca disponibilidad que se disponía en el uso de riego, adicional que los agricultores estaban haciendo uso de un terreno que probablemente se encontraba contaminado por agua residuales al estar cerca de una zona periurbana, lo que generaba complejidad al momento de tener éxito con la producción de cultivo, sin omitir el gran riesgo que generaba para toda la comunidad siendo un problema de salud pública por la presencia de coliformes fecales.

Como resultado, se detectó que sobrepasaban los milites establecidos en las oficinas reguladoras agrícolas pues tenían altas concentraciones de sulfatos (SO_4^{-2}) y la conductividad eléctrica (CE), lo cual representa un exceso de sales en el agua. Como resultado de ello se tomó la decisión de seguir analizando si estos suelos eran aptos para la actividad agrícola.

Así mismo, se relaciona la investigación realizada por Castellón *et al.* (2014). “Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala” esta investigación se enfocó en el uso del agua desde una agricultura protegida, que se relaciona con los constructos teóricos sobre la fertirrigación, a través del parámetro de calidad, que engloba concentración de sales disueltas (CE), presencia relativa de sodio (RAS), contenido de carbonatos y bicarbonatos (que condicionan el pH), concentración de cloro, boro, hierro y manganeso; y nutrimentos como calcio, magnesio y sulfatos que suelen ser determinantes al momento de aplicar fertilizantes. En este trabajo, se valoró si debido a estos componentes químicos el agua estaba en buen estado para su uso y como influía los

componentes químicos en la naturaleza del suelo.

A nivel nacional, en Colombia el tema ha tomado relevancia porque la agricultura en Colombia se caracteriza por ser el sector con mayor consumo por encima de sectores como el doméstico, energético e industrial, emplea apropiadamente el 54% de agua extraída. Por lo general, el agua utilizada para riego en Colombia su origen en un 41,2% de lagos, 16,7% de ríos y tan solo un 0,3% extraída de aljibes y pozo, según el último Censo Nacional Agropecuario. (FAO, 2015).

Por otro lado, el agua que es extraída del subsuelo su uso es particular en cultivos de flores y cultivos extensivos, aunque no existen datos exactos de la implementación de sistemas no confeccionados es poco el uso de aguas reutilizadas, por esto la importancia de tener claro cuáles son las limitaciones de cada una de las fuentes y los tratamientos necesarios para garantizar una larga vida útil de las líneas de goteo y un correcto desempeño del sistema. (Saha *et al.*, 2015; Rua *et al.*, 2018).

De igual importancia, el tema ha sido objeto de estudio para mejorar las prácticas en la agricultura, se relaciona el estudio realizado por Quintero, Monroy, (2017) denominado “ Análisis del agua de riego y cambios en parámetros de un suelo salino para el cultivo de caña de azúcar en el Municipio de Cerrito (Valle del cauca)” orientado analizar el agua de riego sujeto a los cambios en parámetros de un suelo para el cultivo de caña de azúcar en el municipio de Cerrito (Valle del Cauca, Colombia) con el fin de contribuir al itinerario de labores del cultivo; las variables de medición relacionadas con sales disueltas en el agua de riego fueron: conductividad eléctrica (CE), total de sólidos disueltos (TDS) Sales Solubles, Sulfatos, Carbonatos, Bicarbonatos y Cloruros, donde finalmente se hizo aplicación de riego con yeso o vinaza en el

manejo y recuperación de suelos salinos teniendo efectos en el suelo, principalmente la disminución del pH.

Por otra parte, para comprender con mayor claridad el tema objeto de estudio se abordan las siguientes variables: propiedades fisicoquímicas del agua, calidad microbiológica de agua de riego. el uso de microorganismos eficientes para mejorar el agua de riego, como parte del análisis de la revisión teórica desarrollada a continuación:

Propiedades fisicoquímicas del agua

Las propiedades físico- químicas del agua, están sujeta a unos parámetros a evaluar esto depende en principio, de la fuente de agua; si las aguas son superficiales será importante conocer la concentración de sólidos en suspensión, mientras que éste no es un parámetro relevante en aguas subterráneas, donde existen menos posibilidades del arrastre de material que pueda obturar cañerías, si la perforación está bien diseñada. (Andriani, 2009; Alonso *et al.*, 2020).

El valor de referencia es la concentración de ingredientes que no representan un riesgo para la salud. Se puede tolerar más de un consumo de por vida. Algunos valores de referencia este sujeto a la fijación de contaminantes químicos (como plomo y nitrato) he allí la importancia de los valores también protegen a la población general que usa agua que no esté en buenas condiciones protegiendo la salud pública. Bonet Pérez, Camilo, & Ricardo Calzadilla, Martha P. (2011). De esta manera se asocian los valores óptimos para la vida, fuentes de los contaminantes y notas sobre la depuración de las aguas.

Parámetro	Valores óptimos para la vida
Condiciones generales	
Temperatura	< 30 °C
pH	6 – 8

Sólidos en suspensión	< 50 mg/l
Sales (en agua dulce)	< 1 ‰
Materia orgánica	
O ₂	> 5 mg/l
DBO	> 5 mg/l
DQO	> 30 mg/l
P - Fósforo	< 0,02 mg/l
N - Nitrogeno	< 10 mg/l
Tóxicos	
Metales	Valores variables,
Pesticidas	pero en
Microcontaminantes orgánicos	General pocos o inferiores a µg/l
Disolventes	

Valores óptimos para la vida, fuentes de los contaminantes y notas sobre la depuración de las aguas. (Prant, 2017).

Conviene subrayar, que propiedades fisicoquímicas del agua están estrechamente relacionadas con la calidad de la misma, ejemplo de ello es cuando el agua contiene un alto de sales en el agua de riego reduce inmediatamente la disponibilidad del agua para el cultivo (debido a la presión osmótica), aunque el suelo puede parecer mojado, y causa la reducción del rendimiento.

Por lo tanto, el agua de riego debe de cumplir con los límites de concentración permitidos, deben estar por encima de cierto umbral, la reducción en el rendimiento de los cultivos es proporcional al aumento en el nivel de salinidad.

Por último, se alude que los distintos cultivos varían en su tolerancia a la salinidad y por tanto tienen diferentes umbrales y diferentes tasas de reducción

del rendimiento. Los parámetros más comunes para determinar la calidad del agua de riego, en relación con su salinidad, son la CE y el TDS (Sela, 2016).

Calidad microbiológica de SGR de riego

Por lo que se refiere a la calidad microbiológica de SGR de riego, se vincula propiedades fisicoquímicas del agua, una de ella es la concentración del N-NH₄ este se retiene con facilidad en el suelo manifestándose en la oxidación por bacterias nitrificantes, en primer término, a NO₂ y finalmente a NO₃. (Gonzales, 2016).

Es decir, las aguas subterráneas se ven afectadas cuando hay demasiado nitrógeno amoniacal, provocando que las plantas no puedan lograr la absorción de este exceso en el suelo, quedando filtrado superando los límites de concentración de 10 mg / L, generando problemas en los cultivos.

Igualmente, la calidad del agua de riego se determina por la concentración de todas las sustancias allí disueltas, para especificar la particularidad de estas se tienen en cuenta los siguientes aspectos.: 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 (Richards, 1985) citado por Castellón Gómez, Juan José, & Bernal Muñoz, Roberto, & Hernández Rodríguez, María de Lourdes (2015).

Por lo tanto, se esperaría un bajo contenido de N-NH₄ para que el agua de riego sea considerada en buen estado y óptima para su uso. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1989) el límite máximo de NH₄ en el agua de consumo humano es de 0,5 mg/L.

Así mismo, en relación a la concentración de otras sustancias en el agua, se alude que en su mayoría causan una gran reducción del agua disponible para los cultivos, es decir, la planta debe ejercer mayor esfuerzo para poder absorber el agua; puede llegar incluso a sufrir estrés fisiológico por deshidratación, afectando esto su crecimiento. Lamz, Alexis y González, Maria. (2013).

En definitiva, para evaluar la calidad del agua para fines de riego, se debe en primer lugar hacer un muestreo representativo y luego en el laboratorio determinar los siguientes parámetros: cantidad de sales totales disueltas; niveles de calcio, magnesio, sodio, potasio, pH, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, cloruro, boro, y Razón de Sodio Adsorbido (RAS). (Castro, 2012; Villamizar *et al.*, 2020).

Atendiendo que la calidad del agua de riego afecta tanto a los rendimientos 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 (Sela, 2016; Bermúdez *et al.*, 2020).

El uso de microorganismos eficientes para mejorar el agua de riego

En la actualidad, las ciudades vierten aguas residuales parcialmente tratadas y no tratadas en las aguas superficiales y subterráneas de las inmediaciones. Con los vertidos de procesos industriales, más la infiltración de los residuos de fertilizantes y plaguicidas utilizados en la agricultura, desechos domésticos y otros, aumenta la carga contaminante. El resultado es que sólo alrededor de un tercio del recurso potencial, probablemente unos 12 500 km³ por año, se puede aprovechar para las necesidades de las personas, proporción que va disminuyendo a medida que aumenta la contaminación (OMS, 2013).

Se estima que más de cinco millones de personas mueren anualmente de enfermedades vinculadas con el consumo de agua contaminada, servicios sanitarios inadecuados y una higiene rudimentaria. La salud humana depende de un suministro de agua inocua y por ende segura, y de servicios sanitarios fiables. Hay una gran variedad de métodos para la descontaminación de aguas y aguas residuales (AR), entre los que se encuentran la utilización de microorganismos, denominados eficientes (ME), y su importancia resulta de que ellos no generan subproductos contaminantes y, además, son eficientes (López, 1981).

Un buen ejemplo es el sistema a partir de lodos activados, que se basa en el trabajo de las bacterias, para degradar los desechos existentes en el agua (García 2001). En un inicio estos microorganismos fueron utilizados para mejorar la calidad del suelo y la eficacia del uso de la materia orgánica por las plantas respectivamente, así como suprimir putrefacción (incluyendo enfermedades). Este estudio fue desarrollado por el Doctor Teruo Higa en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón, y se completó en 1982 (Mora *et al.*, 2018; Montalvo *et al.*, 2018).

Posteriormente, los ME se han aplicado en diferentes contextos como las actividades pecuarias (apicultura, porcicultura, ganadería, acuicultura), rellenos sanitarios, botaderos de basura y desechos, tratamiento de los suelos, de aguas y aguas residuales, etcétera. En el informe realizado por Productores y Distribuidores de EM1 en México (EM Yucatán s/a), se exponen los distintos usos que se les pueden dar a los ME, tales como sustitutos de artículos de aseo (limpiador de piso, baño y cocinas), para eliminar el olor desagradable a humedad y drenaje, en la conservación de frutas y verduras, para reducir la contaminación de los lodos sépticos, en trabajos de construcción y restauración, jardinería, terapia medicinal y

otros muchos más. La base de la tecnología de ME es la mezcla de diferentes tipos de microorganismos, todos ellos benéficos, que poseen propiedades de fermentación, producción de sustancias bioactivas, competencia y antagonismo con patógenos, todo lo cual ayuda a mantener un equilibrio natural entre los microorganismos que conviven en el entorno, trayendo efectos positivos sobre la salud y bienestar del ecosistema. (Romero, 2017; Flores *et al.*, 2019).

2. METODOLOGÍA

La presente investigación se realiza teniendo en cuenta que es de carácter documental desarrollándose mediante un Diseño Bibliográfico, ya que la información obtenida es producto del análisis amplio de datos derivados de materiales impresos u otros tipos de documentos (Arias, 2012; Vera *et al.*, 2019); enfocándose en paradigma interpretativo comprensivo que está relacionado con investigación cualitativa, por lo que ambas tienen una característica similar al ser holística, es decir ven al fenómeno como un todo en su contexto, es naturalista, aceptan la verdad del otro. (Wolf Mauro, 2011; Pinzón, 2019).

Por otra parte, se hizo aplicación de habilidades interpretativas del Método Hermenéutico como técnica de análisis de datos, por su interés de complementación con la experiencia no solo científica sino, lo importante, histórica. (Castellanos *et al.*, 2020).

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Por lo tanto, desde un profundo análisis de la información recolectada se afirma que es muy importante realizar un análisis del agua a fines de riego antes de seleccionar el sitio y los cultivos a satisfacer, teniendo en cuenta que la calidad del agua varía según la fuente de abastecimiento, o con 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. Los parámetros que determinan la calidad del agua de riego se dividen en tres categorías: químicos, físicos y biológicos.

En esta revisión, se discuten las propiedades químicas del agua de riego. 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 (Sela, 2016; Araujo y Rivera, 2020).

Por lo tanto, es evidente que la calidad del agua de riego es un factor muy importante a la hora de tomar decisiones sobre la elección del sistema de riego, determinación de los componentes de la instalación y del propio manejo del riego y del cultivo con objeto de evitar problemas de salinidad, infiltración del agua en el suelo, de toxicidad para las plantas u otros derivados de las obturaciones en sistemas de riego localizado.

El agua de riego siempre lleva sales disueltas que son aportadas al suelo, lo que en ocasiones provoca un aumento de la salinidad del suelo y hace que las plantas encuentren mayor dificultad para absorber el agua.

De igual importancia, se resalta el uso de microorganismos eficientes para mejorar el agua de riego y residuales, así como lagunas, zanjas, ríos y fuentes de abasto, donde se han detectado afectaciones de la calidad de las aguas terrestres con peligro para la salud humana en aras de disminuir ese tipo de contaminación y que este apta.

Es necesario conocer la cantidad de sales disueltas, lo cual puede hacerse usando un conductímetro para medir la conductividad eléctrica o bien mediante un análisis en laboratorio, en función del contenido de

sales, se establezcan diversas estrategias de manejo.

El boro, sodio y el cloruro son las sales que pueden dar origen a mayores problemas de toxicidad en las plantas. Suelen ser más sensibles las plantas leñosas que las anuales y los síntomas que aparecen en las plantas dependen de la sal que esté provocando la toxicidad.

Pueden darse problemas de infiltración del agua cuando se superan determinados niveles de contenido de sodio en el suelo con relación a los de calcio y magnesio, lo que se conoce como relación de adsorción de sodio.

Para evaluar de forma conjunta la calidad del agua para el riego suelen establecerse algunos criterios en función del contenido de sales y de la relación de adsorción de sodio.

El lavado de sales es una práctica muy frecuente para evitar que la concentración de sales en la zona de raíces sea excesiva. Consiste en aplicar una cantidad extra de agua con el riego para disolver las sales y permitir que pasen hacia zonas más profundas del suelo.

Finalmente es recomendable brindar información acerca del mejoramiento de labores agrícolas y recuperación de suelos salinos, a través de material pedagógico y dinámico.

Evaluar los conocimientos previos y prácticas que cada uno de los integrantes del grupo de trabajo de la Hacienda aplica en sus labores agrícolas.

4. CONCLUSIONES

Para culminar, el presente artículo de revisión teórica, se alude que la Calidad del Agua de Riego para agricultura es muy importante y afecta la planificación del sistema de regadío a utilizar. Considerando que gran parte de los nutrientes para las plantas se encuentran en el suelo en forma

de sales que disueltas las plantas la pueden asimilar y utilizar para su desarrollo vegetativo. Determinando que cuando la concentración de sales solubles en el suelo es normal no suelen presentar problemas, sin embargo, cuando el agua presenta alto porcentaje de sales el desarrollo puede verse afectado, por lo tanto, el uso de aguas con alta presencia de sales en la mayoría de los casos las plantas se verán afectadas provocando disminución en la producción al igual que un lento desarrollo.

Además, puede presentar problemas como toxicidad, inadecuada infiltración y de obturaciones en sistemas de riego localizado.

5. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad de Pamplona por contar con excelentes docentes muy bien preparados en cada uno de sus programas, sobre todo a los docentes de la facultad de ingeniería Agronómica e ingenierías y arquitectura por su asesoría en el actual desarrollo del artículo por sus contribuciones y orientaciones en esta investigación.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, 2014. Tarificación, asignación, rentabilidad y ahorro de agua: propuestas para un nuevo marco económico del regadío. Recuperado de: <http://oa.upm.es/32543/1/Tesis%20Javier%20Aalcon.pdf>
- Alonso, L., Castellanos, L. y Meseguer, O. (2020). Efectos alelopáticos de residuos de Sorghum Halepense (L.) sobre dos arvenses dicotiledóneas en condiciones de laboratorio. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS), 11(1). DOI: <https://doi.org/10.24054/aaas.v11i1.354>
- Andriani, J, 2009. Impacto del agua de riego sobre las propiedades químicas del suelo. Recuperado de: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-impacto-agua-de-riego-sobre-propiedades-quimicas-del-s.pdf>

- Ararat O., M. 2016. Generalidades de suelos. (Archivo de video). Recuperado de <http://hdl.handle.net/10596/9338> y <https://www.youtube.com/watch?v=vcfPHZ63Vtc>
- Araujo, T. C. y Rivera, M. E. (2020). Índices de sequía para la cuenca del Rio Cesar – Colombia. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 11(2). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n2.2020.4671>
- Ayers, R.S., y D.w. Westcot. 1985. Calidad de agua para agricultura, FAO Irrigation and Drainage, hoja 29, FAO, Roma, 156p.
- Bermúdez, N., Gallegos, D. S. y Botello-Suárez W. A. (2020). Desarrollo de un dispositivo autónomo para el mejoramiento de la calidad del agua en el humedal córdoba (Bogotá, Colombia). *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 11(1). DOI: <https://doi.org/10.24054/aaas.v11i1.355>
- Bonet Pérez, Camilo, & Ricardo Calzadilla, Martha P. (2011). 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. Recuperado en 09 de octubre de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542011000300003&lng=es&tlng=es
- Cárdenas, 2018. Gestión del agua para riego en prácticas de agricultura desde la complejidad ambiental Recuperado de: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7178/1/452674-2018-II-GA.pdf>
- Castellanos, L., Serrano, S. y Becerra, W. M. (2020). Preferencia por morfoespecies de babosas en diferentes cultivos y ambientes del municipio Pamplona, Norte de Santander. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 11(1). DOI: <https://doi.org/10.24054/aaas.v11i1.356>
- Castellón Gómez, Juan José, & Bernal Muñoz, Roberto, & Hernández Rodríguez, María de Lourdes (2015). Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala. *Ingeniería*, 19(1), 39-50. [fecha de Consulta 9 de Octubre de 2020]. ISSN: 1665-529X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467/46750924004>
- DANE, 2016. 3er Censo Nacional Agropecuario. Tomo 2.
- FAO. 2015. Informe regional. Uso del agua. Recuperado de: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/COL/indexesp.stm
- Flórez, M. A., Mosquera, J., Ramón, J. D. y Caballero, J. E. (2019). Análisis de la contaminación de ruido generada por el flujo vehicular en el casco urbano del municipio de Chinácota, Norte de Santander. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 10(2). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n2.2019.3964>
- García, 2012. Criterios modernos para la evaluación de calidad de agua para riego. Recuperado de: [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/\\$FILE/6%20Art.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/B3BD6ED103283DDD85257A2F005EF91B/$FILE/6%20Art.pdf)
- Gonzales, 2016. Nitrógeno amoniacal, importancia de su determinación. Recuperado de: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/334-Texto%20del%20art%C3%ADculo-482-1-10-20160721.pdf>
- Sela, 2016, La calidad del agua de riego. Smart Fertilizer management, Blog. Recuperado de: <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/irrigation-water-quality>
- Hoyos, 2010. Microorganismos eficientes y su beneficio para la agricultura y el medio ambiente. Recuperado de: <https://jci.uniautonomo.edu.co/2010/2010-7.pdf>
- Hamlet, 2012, Cultivos. ¿Es su agua de riego adecuada para su cultivo? Recuperado de: [http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/62BE8B18BD5BD3C206256AE8005EF92A/\\$file/es+su+agua.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/62BE8B18BD5BD3C206256AE8005EF92A/$file/es+su+agua.pdf)
- Hydroeviroment, (s.f), productos. ¿Qué es el riego? Recuperado de: <http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php>

- ?main_page=page&id=112. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi." (IGAC)
- Mora, E. A., Martínez, E. y Velasco, J. A. (2018). Simulación y validación del prototipo de un colector térmico solar hecho con neumáticos reciclados. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 9(2). DOI: <https://doi.org/10.24054/aaas.v9i2.404>
- Mosquera, L. L., & Corporación Autónoma Regional del Cauca CVC (1969). Estudio detallado de suelos, para fines agrícolas, del sector plano de los municipios de Ginebra, Guacarí, Cerrito y Palmira (Departamento Valle del Cauca). Bogotá: Colombia, Dirección Agrologica.
- Lamont, B, 2012. Maintaining drip irrigation systems. *The Vegetable & Small Fruit Gazette*, Penn State University Extension.
- Metroflor, 2018. Origen y calidad de agua para riego. Recuperado de: <http://www.metroflorcolombia.com/origen-y-calidad-de-agua-para-riego/>
- Lamz, Alexis y González, Maria. (2013). Scielo. La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. Recuperada de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362013000400005.
- Madrid Más, (s.f), los suelos y la vida, Publicaciones. Tipo de Suelos Salinos. Recuperado de: <http://www.madrimas.org/blogs/universo/2008/01/04/8182>.
- Mahecha, J. G., Castellanos, L. y Céspedes, N. (2020). Alternativas para Suplir la Carencia de Fósforo en Fresa y Disminuir la Contaminación Ambiental en Pamplona Norte de Santander. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 10(1). DOI: <https://doi.org/10.24054/aaas.v11i1.384>
- Montalvo, A., Aldana, R., López, A., Álvarez, E., Aldana, F. y Rivera, Y. (2018). Mantenimiento centrado en confiabilidad en motocompresores. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 9(1). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v1.n1.2018.3212>
- Ortega, A., Cáceres, L. y Castiblanca, L. (2020). Introducción al Uso de Coagulantes Naturales en los Procesos de Potabilización del Agua. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 11(2). DOI: <https://doi.org/10.24054/aaas.v11i2.873>
- Prant, 2017. Andanzas y desventuras de un ecólogo en los juzgados del "reyno". http://www.ub.edu/fem/docs/divulgacio/NPrat_calidad_agua.pdf
- Pinzón, L. F. (2019). Metales pesados en los lodos de la cuenca alta del río Bogotá, entre Villapinzón y Chocontá. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 10(2). DOI: <https://doi.org/10.24054/aaas.v10i2.387>
- Región Central Oriental. 2012. Guía de la Tecnología de EM. Recuperado de: <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Boletin%20Tecnologia%20%20EM.pdf>
- Romero. 2017. Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. Recuperado de: <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha08317.pdf>
- Rua, E., Gonzales, A., Granados, A. y Ramírez, R. (2018). Diseño estructural de transporte para sistema de bombeo portátil activado con energía solar fotovoltaica para el departamento de Boyacá. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 9(2). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n2.2018.3219>
- Saha, U., Leticia S., Butcher S., Hawkins G., Porter W y Lessl J, 2015. Irrigation water quality for agriculture, 2015. UGA. Extension Bulletin 1448
- Sánchez, Latorre, Zuluaga, 2009. Mejoramiento de la calidad del agua de riego por filtración en múltiples etapas (FiME) Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/13292/37322>
- Sarabia, (2011).I Calidad del agua de riego en suelos agrícolas y cultivos del valle de San Luis Potosí, México. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rca/v27n2/v27n2a2.pdf>
- Salazar-Moreno, R., Rojano-Aguilar, A. & López-Cruz, I.L. La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. *Tecnología y Ciencias del Agua*. Vol. V,

- núm. 2, marzo-abril de 2014, pp. 177-183. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v5n2/v5n2a12.pdf>
- Terrero, W., Castellanos, L. y Vicet, L. (2020). Potencialidades alelopáticas del residual paja de la caña de azúcar (SACCHARUM SPP., HYBRID) para el manejo de arvenses. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 11(1) DOI: <https://doi.org/10.24054/aaas.v11i1.357>
- Trujillo, J. E., Caballero, J. E. y Ramón, J. D. (2019). Determinación de las concentraciones de metales pesados presentes en el material particulado PM10 del municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 10(1). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v1.n1.2019.3957>
- Vera, D. V., Viracachá, L. F., López, L. A. y Ramón, J. A. (2019). Implementación de la preoxidación en planta potabilizadora convencional escala piloto para la reducción de materia orgánica disuelta en aguas superficiales. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 10(1). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v1.n1.2019.3963>
- Villamizar, C y Fernández, D. (2015). Caracterización de los Productores de Durazno (*Prunus Pérsica* (L) Batsch) en las Provincias de Pamplona y Ricaurte, Norte de Santander. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 6(1). DOI: <https://doi.org/10.24054/19009178.v1.n1.2015.3226>
- Villamizar, Y., Ramón, J. D. y López, L. A. (2020). Análisis de las condiciones del recurso hídrico en la quebrada escorial, Pamplona Norte de Santander. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo (RAAAS)*, 11(1). DOI: <https://doi.org/10.24054/aaas.v11i1.382>