



## Análisis y clasificación de aguas de perforaciones para el uso en la agricultura, departamento Lavalle, Corrientes-Argentina

### Analysis and classification of drilling water from Lavalle department, Corrientes-Argentina, for use in agriculture

 Darío Emanuel Ramírez,  María de las Mercedes Yfran Elvira\*,  Silvia Carlota Rodríguez

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Calle Sargento Cabral no. 2131, Corrientes, Argentina. CP 3400

**RESUMEN:** Garantizar la disponibilidad de agua limpia representa un objetivo fundamental a nivel mundial, ya que el agua es un recurso imprescindible para el desarrollo sostenible. Los volúmenes disponibles de agua dulce para uso agrícola y urbano-industrial, a nivel mundial, han disminuido considerablemente debido al uso excesivo de aguas superficiales y subterráneas destinadas al riego agrícola, para la producción de alimentos de una población en constante crecimiento. El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad fisicoquímica del agua subterránea y determinar su aptitud para uso agrícola, mediante los criterios de salinidad, sodicidad y toxicidad en el Departamento de Lavalle, provincia Corrientes, Argentina. La evaluación y caracterización de la calidad fisicoquímica de las aguas analizadas para riego y aplicaciones de productos fitosanitarios, mediante la determinación de cationes y aniones presentes, indican que no muestran inconvenientes para ser usadas en la agricultura. Según la clasificación del laboratorio de Riverside, el 73 % de las muestras de aguas presentaron baja salinidad, todas con bajo contenido en sodio, aptas para el riego, en la mayoría de los casos, y el 26 % de las muestras con salinidad moderada, aptas para el riego, con bajo contenido en sodio. Además, cabe destacar que la determinación de la dureza, nitrato, fosfatos y potasio son datos importantes a la hora de realizar un plan de fertilización. En el caso de los iones tóxicos como el cloro y el sodio, las muestras presentaron valores bajos, por lo que no representan un problema para su uso.

**Palabras clave:** calidad del agua, aguas subterráneas, cationes, aniones, explotaciones agropecuarias, riego.

**ABSTRACT:** Ensuring the availability of clean water represents a fundamental objective worldwide, since water is an essential resource for sustainable development. Volumes of fresh water available for agricultural and urban-industrial use worldwide have decreased considerably due to the excessive use of surface and groundwater destined for agricultural irrigation for the production of food for a constantly growing population. The objective of this study was to evaluate the physicochemical quality of groundwater and determine its aptitude for agricultural use through the criteria of salinity, sodicity and toxicity in the Department of Lavalle in Corrientes province, Argentina. The evaluation and characterization of the physicochemical quality of the waters analyzed for irrigation and applications of phytosanitary products by means of the determination of cations and anions present indicate that they do not show inconveniences to be used in agriculture. According to the Riverside laboratory classification, 73 % of the water samples presented low salinity, all with low sodium content, suitable for irrigation in most cases; and 26 % of the samples with moderate salinity, suitable for irrigation, with low sodium content. In addition, it should be noted that the determination of hardness, nitrate, phosphates and potassium are important data when making a fertilization plan. In the case of toxic ions such as chlorine and sodium, the samples presented low values, so they do not represent a problem for their use.

**Key words:** water quality, underground water, cations, anions, agricultural holdings, irrigation.

\*Autor para correspondencia: [mariyfran077@hotmail.com](mailto:mariyfran077@hotmail.com)

Recibido: 29/11/2021

Aceptado: 12/02/2022

**Conflicto de intereses.** Los autores declaran que no tienen conflicto de interés.

**Contribución de los autores:** **Conceptualización-** Silvia Carlota Rodríguez. **Investigación-** Ramírez Darío Emanuel; María Yfran Elvira; I Silvia Carlota Rodríguez. **Metodología-** María Yfran Elvira; I Silvia Carlota Rodríguez. **Supervisión-** María Yfran Elvira; I Silvia Carlota Rodríguez. **Escritura del borrador inicial, Escritura y edición final y Procesamiento de los datos-** Ramírez Darío Emanuel.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



## INTRODUCCIÓN

Garantizar la disponibilidad de agua limpia representa un objetivo fundamental a nivel mundial, ya que el agua es un recurso imprescindible para el desarrollo sostenible (1,2,3). Los volúmenes disponibles de agua dulce para uso agrícola y urbano-industrial, a nivel mundial, han disminuido considerablemente, debido al uso excesivo de aguas superficiales y subterráneas destinadas al riego agrícola (4,5) para la producción de alimentos, de una población en constante crecimiento. 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 (6,7). Sin embargo, en las aguas naturales, de las cuales se toma para riego, pueden presentarse contaminantes de naturaleza inorgánica, especialmente fertilizantes y agroquímicos, los cuales tienen importancia por su toxicidad para los organismos vivos (8), ocasionando un aumento en la cantidad de sólidos totales, nitratos, sulfatos, cloruros y sodio (9).

El sector agrícola consume cerca del 70 % del agua dulce para el riego de los cultivos (10,11). En aguas para uso agrícola, la calidad es definida por la concentración de iones específicos de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ) y potasio ( $\text{K}^+$ ) como cationes; carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), cloruros ( $\text{Cl}^-$ ) y sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) como aniones, y otros de menor proporción, como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) (8,9). La conductividad eléctrica (CE) también es útil para determinar la concentración total de sales solubles. La CE y el  $\text{Na}^+$  son dos parámetros fundamentales que definen la aptitud del agua para riego. El alto contenido de sales en el agua de irrigación genera un aumento de la presión osmótica en la solución del suelo, disminuyendo la absorción de agua por parte de las plantas, además de afectar directamente el crecimiento de las plantas, afectan la constitución del suelo, su permeabilidad y estructura (9,12). La relación de absorción de sodio (RAS) es un parámetro que refleja la posible influencia del ion sodio sobre las propiedades del suelo, ya que tiene efectos dispersantes sobre los coloides del suelo y afecta la permeabilidad. Esta ecuación (RAS) da idea del peligro potencial debido a un exceso del sodio sobre el calcio y el magnesio (9); el suelo se vuelve más encharcado, con peor aireación y, por lo tanto, con peores características para el establecimiento del cultivo. Esto es realmente preocupante en suelos de perfil arcilloso (13). De igual forma, se deben valorar los iones sulfatos, cloruros y fósforos, ya que estos se pueden acumular en los cultivos en concentraciones suficientemente altas como para reducir el rendimiento de las cosechas y facilitar la obstrucción de algunos sistemas de riego. Siendo las posibles causas de la contaminación de origen humano, según las actividades industriales, el crecimiento demográfico y el mal manejo de las aguas residuales (4,8). Por ello, es importante evaluar la calidad química del agua, ya que ésta se integra por la concentración de sales y la proporción de diferentes iones en solución que podrían afectar a los recursos suelo y cultivo, en su uso a largo plazo.

El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad fisicoquímica del agua subterránea y determinar su aptitud para el uso agrícola, mediante los criterios de salinidad, sodicidad y toxicidad, en el Departamento de Lavalle de la provincia de Corrientes, Argentina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El trabajo fue realizado en el Departamento de Lavalle, provincia de Corrientes, República Argentina ( $29^{\circ}01'40''\text{S}$ ;  $59^{\circ}10'55''\text{O}$ ), en explotaciones agrícolas de pequeños productores, en dicha localidad.

Se tomaron 19 muestras de fuentes de agua de perforaciones de profundidades oscilantes entre 25 y 40 metros, que los productores utilizan para la producción agropecuaria.

### Toma de muestras

Las muestras extraídas (1L) se guardaron en envases de polietileno.

El muestreo se realizó de la siguiente manera: antes de sacar la muestra se puso en funcionamiento la bomba, alrededor de 10 minutos, se enjuagó el recipiente con el agua de la perforación tres veces, y luego se lo llena completamente evitando presencia de aire en su interior.

Se determinaron *in situ*:

- Temperatura: la que se registró con un termómetro de Mercurio con bulbo, formado por un capilar de vidrio de diámetro uniforme, con escala Celsius.
- pH: se midió con un pHmetro Portátil "Adwa" AD101 Standard Pocket Tester pH, basado en microprocesador, con calibración automática y compensación automática de temperatura.
- Conductividad eléctrica: con un conductímetro Portátil "Adwa" AD203 Standard Pocket Tester, con compensación automática de temperatura.

### Acondicionado y transporte de las muestras

Las muestras refrigeradas se transportaron de inmediato al laboratorio de Química Analítica y Agrícola, de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Es importante refrigerar las muestras debido a que algunas especies químicas (como nitratos y sulfatos) sufren transformaciones por acción microbiana.

*En el laboratorio se realizaron las siguientes determinaciones:*

Calcio y Magnesio: por volumetría de formación de complejos (14).

Sulfato: por Turbidimetría (Método ASTM D 516-90) (15).

Alcalinidad: por volumetría de neutralización (14).

Sodio y Potasio: por espectrometría de absorción atómica (14).

Cloruro: por volumetría de precipitación, Método de Mohr (14).

Fosfato: por espectrofotometría de absorción molecular: método del azul de molibdeno (14).

Nitrato: por Espectrofotometría de Absorción molecular por el método del salicilato de sodio (16).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### pH y alcalinidad

Estos parámetros, diferentes entre sí, conceptualmente, tienen una gran correlación. El pH no es un factor fundamental para determinar la calidad del agua, pero sirve para evaluar las concentraciones relativas de las especies disueltas de carbonato. Además, sus valores tienen implicaciones importantes sobre la disponibilidad y manejo de los nutrientes, ya que el rango normal de las aguas para uso agrícola se encuentra entre 5,6 a 7,3, el que es adecuado para la mayoría de los cultivos, por la máxima disponibilidad de nutrientes (13).

El pH conveniente para aplicar herbicidas es en el rango de 4 a 6. El pH alto de la solución tiene efectos negativos sobre los herbicidas (17), en cuanto a la estabilidad y la penetración en la planta. El rango de pH 3,5-6,0: se considera satisfactorio para la mayoría de las aplicaciones, salvo para los productos sensibles a la acidez. El pH entre 6,1-7,0: puede usarse siempre que no se tenga el producto en el tanque por más de 1 hora. El pH 7,0 o superior: es aconsejable agregar un buffer o acidificador. Por el contrario, la acidificación de las soluciones puede llevar a incrementar el grado de degradación de herbicidas sulfonilureas (17).

En las Figuras 1 y 2, se presentan los valores de pH y conductividad eléctrica de las muestras de agua analizadas.

Los resultados de pH obtenidos se encuentran en un rango de 5 a 6 (Figura 1), lo cual es un valor muy aceptable con respecto a los valores considerados estándares, tanto para riego como para aplicaciones agrícolas, salvo aquellos productos sensibles a la acidez, por ejemplo, herbicidas del grupo químico de las sulfonilureas.

Con respecto a los resultados de Alcalinidad se encontró que solo la muestra 9 presentó niveles superiores a 150 mg L<sup>-1</sup>, categorizando con valores altos de alcalinidad, según valores de referencia de Kevern (18). Las muestras con valores bajos fueron la 4, 7, 16, 17 y 19, mientras que el resto de las muestras presentaron valores medios de alcalinidad (Figura 2, Tabla 1).

Tabla 1. Valores de referencia de alcalinidad

Rango	Alcalinidad (mg L <sup>-1</sup> )
Baja	< 75
Media	75-150
Alta	> 150

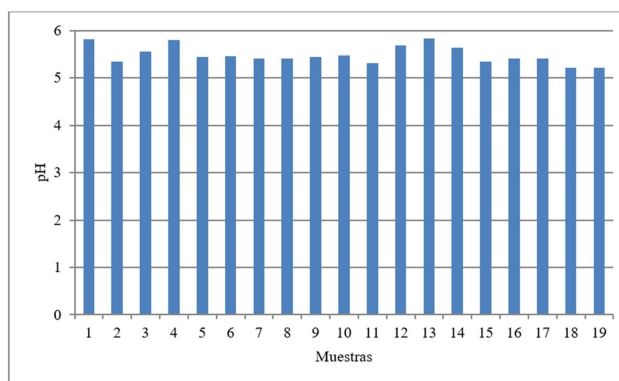


Figura 1. Valores de pH de las muestras analizadas

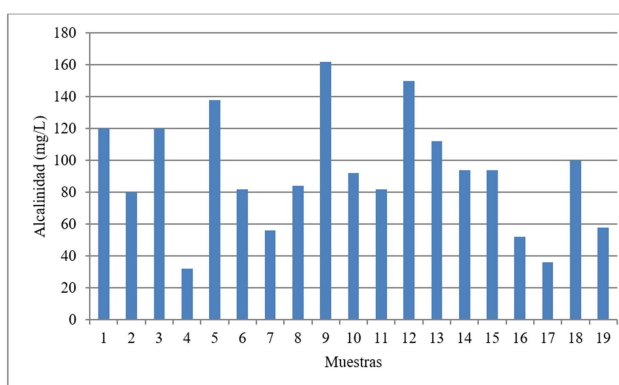


Figura 2. Valores de Alcalinidad de las muestras de agua analizadas

El bicarbonato de sodio, un contaminante natural de aguas en algunas áreas reduce la actividad herbicida de la familia de las ciclohexanodionas (tales como cletodim, setoxydim), MCPA, 2,4-D, glifosato, dicamba, pero el antagonismo sobre los herbicidas mencionados comienza a partir de 300 mg L<sup>-1</sup> (17).

En la Figura 2 se observa que en ninguna muestra alcanza las 300 mg L<sup>-1</sup> de bicarbonatos, por lo tanto, la actividad de los agroquímicos no se vería mayormente afectada. Resultados similares encontraron en muestras de la zona de Bella Vista, Corrientes (19).

### Conductividad eléctrica (CE)

Cuando se clasifican las aguas para determinar su aptitud para el riego se tiene en cuenta el valor de CE y el índice de relación de adsorción de sodio (RAS), ya que se las clasifica según estos valores por la posible peligrosidad salina y sódica que puedan tener las aguas de riego. Desde el punto de vista del consumo humano es relevante el valor de CE y sodio.

La CE define la facilidad con que una corriente eléctrica pasa a través del agua. La conductividad nos da una idea del contenido total de sales en el agua. Cuanto más elevado es el contenido de sales, mayor será la conductividad eléctrica. Las normas Riverside establecen una relación entre la conductividad eléctrica (μS cm<sup>-1</sup>) y el

índice RAS (Tablas 2 y 3) y, según estos dos parámetros, se establecen categorías o clases de aguas enunciadas según las letras C y S afectadas de un subíndice numérico (20).

En las Figuras 3 y 4 se muestran los resultados de la conductividad eléctrica y el contenido de sodio en las aguas analizadas. Las muestras 9, 12, 13, 15 y 18 presentaron CE entre 250-750  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , correspondiendo a la categoría C2, peligrosidad salina moderada, apta para riego, recomendando utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.

El resto de las muestras analizadas, presentaron CE inferiores a 250  $\mu\text{S cm}^{-1}$  por lo tanto, de baja salinidad (C1), aptas para riego. Similares resultados en encontraron en muestras de San Roque, provincia de Corrientes (21).

### Relación de adsorción de sodio (RAS)

El índice de RAS (Tabla 4) da idea del peligro potencial debido a un exceso del sodio sobre el calcio y el magnesio (13). Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$SAR = \frac{Na(meq/L)}{\sqrt{\frac{Ca(meq/L) + Mg(meq/L)}{2}}}$$

Con respecto a este parámetro (Figura 5), todas las muestras de agua analizadas corresponden a la clase S1, Baja Peligrosidad Sódica.

En el siguiente gráfico se muestran los resultados obtenidos de RAS.

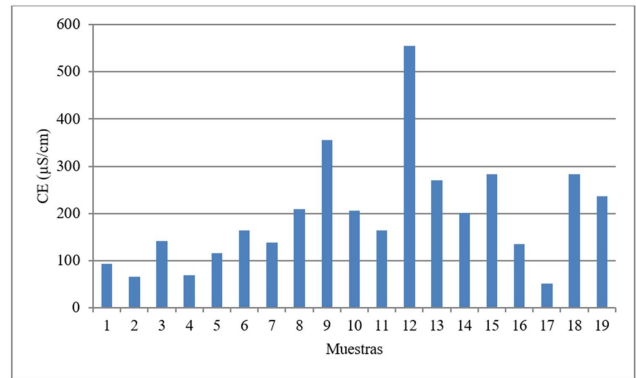


Figura 3. Valores de Conductividad Eléctrica de las muestras de agua analizadas

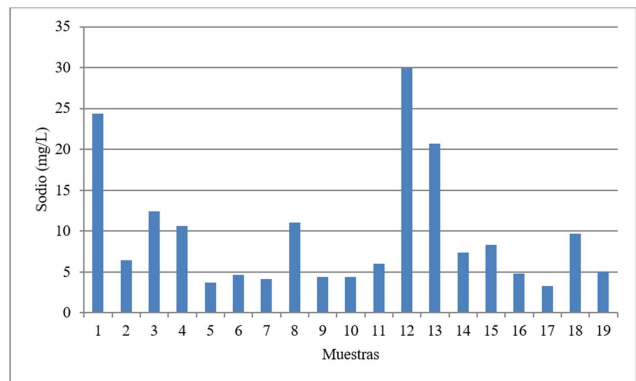


Figura 4. Contenidos de Sodio en las muestras de agua analizadas

Tabla 2. Normas de Riverside: Clasificación para evaluar la calidad de las aguas de riego en función de la CE y el RAS

Tipos	Calidad y normas de uso
C 1	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas en suelos de muy baja permeabilidad.
C 2	Agua de salinidad media, apta para el riego. Utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
C 3	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego en suelos con buen drenaje.
C 4	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje.
C 5	Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.
C 6	Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.
S 1	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
S 2	Agua con contenido medio de sodio y, por tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina y de baja permeabilidad.
S 3	Agua con alto contenido de sodio y gran peligro de acumulación del sodio en el suelo.
S 4	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general.

Tabla 3. Clasificación de peligrosidad salina según la CE

Categoría	Peligrosidad salina	CE ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ a 25 °C)
C1	Baja	hasta 250
C2	Moderada	250-750
C3	Mediana	750-2.250
C4	Alta	2,250-4,000
C5	Muy alta	4,000-6,000
C6	Excesiva	más de 6,000

**Tabla 4.** Valores RAS propuestos por Riverside

Clase	Clasificación	RAS
S1	BAJA peligrosidad sódica	0-10
S2	MEDIANA peligrosidad sódica	10-18
S3	ALTA peligrosidad sódica	18-26
S4	MUY ALTA peligrosidad sódica	Mayor a 26

### Dureza total

La dureza del agua, en la mayoría de los casos se debe, principalmente, a la presencia de iones calcio y magnesio, a veces, otros cationes bivalentes también contribuyen a la dureza como son, estroncio, hierro y manganeso, pero en menor grado, ya que generalmente se encuentran en pequeñas cantidades (17). Es importante conocer el grado de dureza de las aguas por el riesgo de obstrucciones en los ramales de riego, goteo y boquillas y para saber si podemos usarlas en un determinado suelo para riego. Por ejemplo, para corregir un suelo con exceso de sodio, es aconsejable el empleo de aguas ricas en calcio (22).

Según la **Tabla 5** de clasificación de Cánovas Cuenca (22), ninguna muestra de las aguas analizadas presentó problema alguno al ser usada para riego y aplicaciones de productos fitosanitarios (**Figura 6**), ya que el 21% de las muestras categorizaron como muy blandas y el 79% como aguas medianamente blandas.

**Tabla 5.** Clasificación de las aguas por su dureza

Tipo de agua	mg L <sup>-1</sup> de CaCO <sub>3</sub>
Muy blanda	Menor a 70
Blanda	70-140
Medianamente blanda	140-220
Medianamente dura	220-320
Dura	320-540
Muy dura	Mayor a 540

### Análisis de Aniones y catión K<sup>+</sup>:

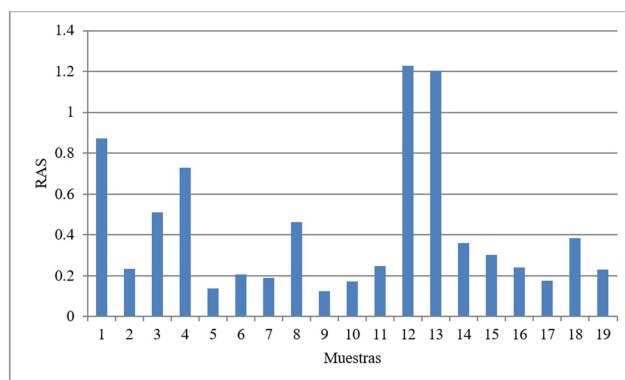
Los aniones cloruros, sulfatos, fosfatos y el catión potasio de las muestras de agua analizadas (**Tabla 6**) no se encontraron en valores que superen los límites máximos para ser usadas en riego, basándonos en los valores expuestos en la **Tabla 7** (23).

Con respecto al consumo humano, el CAA establece que el valor máximo de nitratos para este tipo de uso es de 45 mg L<sup>-1</sup>. En la **Tabla 7** se observa que la muestra 3 presenta valores por encima de lo establecido, por lo que es importante que esta muestra de agua no sea consumida.

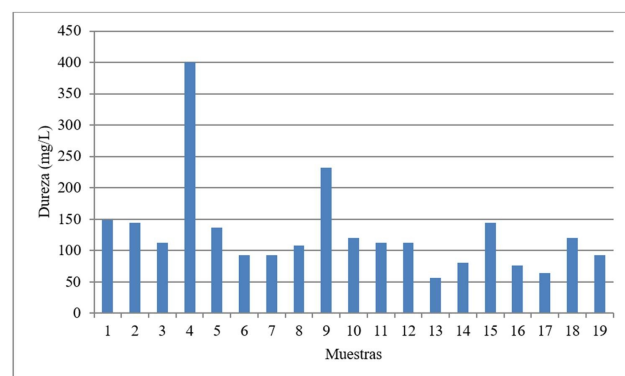
Si bien no hay riesgo de estos parámetros en las aguas analizadas, para su uso como riego, es importante tener este dato a la hora de decidir la fertilización de los cultivos.

## CONCLUSIONES

- En lo que se refiere a la evaluación y caracterización de la calidad fisicoquímica de las aguas analizadas para



**Figura 5.** Valores de RAS de las muestras de agua analizadas



**Figura 6.** Valores de Dureza total de aguas analizadas (mg L<sup>-1</sup> CaCO<sub>3</sub>)

riego y aplicaciones de productos fitosanitarios, mediante la determinación de cationes y aniones presentes, indican que no muestran inconvenientes para ser usadas en la agricultura

- Además, cabe destacar que la determinación de la dureza, nitrato, fosfatos y potasio son datos importantes a la hora de realizar un plan de fertilización.
- En el caso de iones tóxicos como el cloro y el sodio, las muestras presentaron valores bajos, por lo que no representan un problema para su uso.
- Estos resultados nos muestran la relevancia del análisis de las aguas para su uso.
- El agua es uno de los bienes más preciados dentro del sistema productivo y es imperante el conocimiento que se tenga de su calidad, ya que determina la aptitud para su uso en riegos o si presenta alguna limitación para el desarrollo del cultivo.

**Tabla 6.** Contenido de nitratos, sulfatos, fosfatos, cloruros y potasio (mg L<sup>-1</sup>)

Muestras de agua	Nitrato	Sulfato	Cloruros (mg L <sup>-1</sup> )	Fosfato	Potasio
1	2,67	7,07	55	0,2	0,585
2	8,82	3,58	15	0,21	0,195
3	49,44	2,21	10	0,02	0,195
4	6,54	2,58	15	0,07	0,195
5	7,64	1,42	7	0,19	0,39
6	23,73	2,82	9	0,031	0,195
7	20,25	3,7	12	0,32	0,39
8	4,28	4,72	25	0,67	0,39
9	4,04	7,25	18	0,64	0,39
10	1,68	6,62	17	0,4	0,78
11	18,45	5,04	15	0,35	0,39
12	5,22	6,34	68	0,53	0,39
13	4,16	1,76	18	0,21	0,195
14	3,54	0,91	5	0,66	0,195
15	11,37	9,8	22	0,43	0,585
16	8,88	7,87	9	0,34	0,78
17	6,96	3,85	9	0,34	0,78
18	4,9	9,53	15	0,64	0,39
19	14,78	9,04	25	0,32	0,975

**Tabla 7.** Intervalos óptimos de Aniones y el catión K<sup>+</sup> en agua de riego

Parámetros de calidad del agua	Símbolo	Intervalo óptimo en aguas de riego (mg L <sup>-1</sup> )
Cloruro	Cl <sup>-</sup>	0-1000
Sulfato	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0-950
Fosfatos	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0-2
Potasio	K <sup>+</sup>	0-2

## BIBLIOGRAFÍA

- Ortiz Molina DW & Sánchez Calle JR. Caracterización geomorfológica y biofísica de las cuencas de aporte de las captaciones de los sistemas de agua potable de los cantones que conforman la Mancomunidad Cañari. 2018, 127 pp Universidad de Cuenca, Ecuador. Available from: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31152>.
- Quinteros Carabalí J A, Gómez-García J, Solano M, Llumiquinga G, Burgos C, Carrera-Villacrés D. Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Toglhuayco. Siembra, 2019, 6(2), 046-057. Available from: <https://doi.org/10.29166/siembra.v6i2.1641>
- Marín R. Control de calidad de aguas regeneradas en España: una revisión sobre el tema. Revista Virtual Pro, 2018, (198), 1-15.
- Carrillo Martínez CJ, Alvarez Fuentes G, Aguilar Benitez G, Can Chulím A, Pinedo Escobar JA. Calidad del agua para riego agrícola en la región del acuífero Calera en Zacatecas, México. Tecnología y Ciencias del Agua, ISSN-e 2007-2422, 12(2), 01-58, (marzo-abril 2021). DOI: [10.24850/j-tyca-2021-02-01](https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-02-01)
- Riera C. La "tierra irrigada" y la mercantilización del agua en un nuevo paisaje hídrico de la agricultura pampeana: el caso del clúster de la semilla. Salud Colectiva. 2020; 16:e2325. doi: [10.18294/sc.2020.2325](https://doi.org/10.18294/sc.2020.2325)
- Nieto C, Pazmiño E, Rosero S, Quishpe B. Estudio del aprovechamiento de agua de riego disponible por unidad de producción agropecuaria, con base en el requerimiento hídrico de cultivos y el área regada, en dos localidades de la Sierra ecuatoriana. Siembra, 2018, 5(1), 51-70
- Carrera-Villacrés D, Guerrón Varela E, Cajas Morales L, González Farinango T, Guamán Pineda É, Velarde Salazar PA. Relación de temperatura, pH y CE en la variación de concentración de fosfatos en el río Grande, cantón Chone. Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE, 2018 13(1). Available from: <https://doi.org/10.24133/cctespe.v13i1.807>
- Bolaños Alfaro J, Cordero Castro G, Segura Araya G. Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). Tecnología en Marcha. Vol. 30-4. Octubre-Diciembre 2017; 15-27pp. doi: [10.18845/tm.v30i4.3408](https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408)
- Pérez Molina A. Riesgo de Sodicidad en los Suelos de Cantón Milagro, Guayas Ecuador en Época de Estiaje. Revista Politécnica - Enero 2019, Vol. 42, No. 2. Available from: [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-01292019000100015&lng=es&tng=es](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-01292019000100015&lng=es&tng=es).
- Gabriel J. (2017). El agua y las consecuencias que esta genera en la agricultura y el medio ambiente. Journal of the Selva Andina Biosphere, 5(1), 1-3. Available from:

- [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2308-38592017000100001&lng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592017000100001&lng=es).
11. OIEA. 2017. Available from: <https://www.iaea.org/technicalcooperation/documents/Factsheets/Water-Spanish.pdf>.
  12. Pérez A. Riesgo de sodicidad en los suelos del cantón Milagro, Guayas-Ecuador en época de estiaje. Revista Politécnica, 2019, 42(2). Available from: <https://doi.org/10.33333/rp.vol42n2.899>
  13. García AO. Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego. Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica (IAH-6). Primera parte. International Plant Nutrition Institute (IPNI), 2012, pp 27-36.
  14. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF) 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (pp. 4-190). 22nd Ed. Washington DC, USA.
  15. ASTM 1995. Standard test methods for sulfate ion in water. Ed ASTM annual book, D 516-90. Available from: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D516-02.htm>
  16. Rodríguez SC, Fernández J A, Martínez G. Validación Interna de un método para la Determinación de Nitratos en Agua- XX Congreso Nacional del Agua. III Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur, 2005. Provincia de Mendoza. República Argentina.
  17. Rodríguez R. La dureza del agua. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional - edUTecNe, 2010, Available from: <http://www.edutecne.utn.edu.ar>
  18. Kevern RN. Alkalinity water, classification systems, 1989, volume Part 1. The Michigan. Available from: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-alcalinidad.pdf>.
  19. Rodríguez S, Benvenuti D, Llamas J, Yfran M. Calidad de agua subterránea para aplicaciones de productos agrícolas Revista VirtualPro ISSN 1900-6241 No 220 Mayo 2020: Agroindustria alimentaria
  20. Blasco y de la Rubia. 1973. Laboratorio de suelos IRYDA, Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego (U.S. Soil Salinity Laboratory).
  21. Rodríguez S, Yfran M, Peralta H. Caracterización del agua para diferentes usos de productores de las Ferias Francas. Revista VirtualPro ISSN 1900-6241 No 220 Mayo 2020: Agroindustria alimentaria
  22. Cánovas Cuenca J.1986. Calidad Agronómica de las agua de riego. ISBN: 8434101602 9788434101609. Editorial Madrid Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Servicio de Extensión Agraria 1986.
  23. Ayers, R. S. y Westcot, D. W. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage. 1985, Paper N° 29, Roma, Italia.