



## Evaluación de la calidad del agua subterránea con fines de riego en pozos ubicados en Nirgua, estado Yaracuy

Fernández Tania<sup>1</sup>, Garrido Heleny<sup>1</sup>, Cordero Arnoldo<sup>1</sup>, Quintero Dayberlis<sup>1</sup>, Colmenarez Yessica<sup>1</sup>; Castillo Yonathan<sup>1</sup> y Mogollón José Pastor<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup>División Control de Aguas Evaluación y Tratamiento Residuos Agroindustriales, Fundación Centro de Investigaciones del Estado para la Producción Experimental Agroindustrial, San Felipe, Venezuela

<sup>2</sup>Departamento de Química y Suelos, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", Cabudare, Venezuela

<http://orcid.org/0000-0003-1660-1938> [castillota1969@gmail.com](mailto:castillota1969@gmail.com)

<http://orcid.org/0000-0003-0524-9836> [garridoheleny@gmail.com](mailto:garridoheleny@gmail.com)

<http://orcid.org/0000-0001-9713-7772> [arnolcord@gmail.com](mailto:arnolcord@gmail.com)

<http://orcid.org/0000-0002-7304-873X> [qdayberlis@gmail.com](mailto:qdayberlis@gmail.com)

<http://orcid.org/0000-0001-7952-6221> [yessicacolmenarez1989@gmail.com](mailto:yessicacolmenarez1989@gmail.com)

<http://orcid.org/0000-0003-3576-1478> [cyanathan27@gmail.com](mailto:cyanathan27@gmail.com)

<http://orcid.org/0000-0002-0553-4170> [jmogollon15@gmail.com](mailto:jmogollon15@gmail.com) \*Autor para correspondencia

ASA/Artículo

doi: <http://doi.org/10.5281/zenodo.6481734>

Recibido: 09-08-2021

Aceptado: 25-02-2022

### RESUMEN

Se evaluó la aptitud del agua con fines de riego en catorce pozos ubicados en el municipio Nirgua del estado Yaracuy. La calidad del agua fue estimada utilizando el método del laboratorio de Riverside, el cual se basa en el riesgo de salinización y sodificación del suelo por el uso del agua de riego. En relación al pH, la mayoría de los pozos evaluados presentaron valores con tendencia a la alcalinidad ( $\text{pH} > 7,5$ ). Con respecto a los sólidos totales disueltos, todas las muestras de agua evaluadas fueron catalogadas como aguas dulces por presentar valores  $< 1000 \text{ mg l}^{-1}$ . El 86% de los pozos evaluados presentó la siguiente secuencia iónica:  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$ , lo que indica que se trata de aguas jóvenes de reciente infiltración al acuífero. El 71% de los pozos estudiados tiene aguas calificadas como C1S1 y el 29% aguas tipo C2S1; en ambos casos, se trata de aguas de excelente calidad según la metodología utilizada para evaluar la aptitud con fines de riego.

**Palabras Clave:** Calidad de agua subterránea; riego agrícola; RAS.



## Groundwater quality evaluation for irrigation purposes in wells located in Nirgua, Yaracuy state.

### ABSTRACT

The suitability of the water for irrigation purposes was evaluated in fourteen wells located in the Nirgua municipality of Yaracuy state. The water quality was estimated using the Riverside laboratory method, which is based on the risk of salinization and sodification of the soil from the use of irrigation water. In relation to pH, most of the wells evaluated presented values with a tendency towards alkalinity ( $\text{pH} > 7.5$ ). Regarding the total dissolved solids, all the water samples evaluated were classified as fresh water because they presented values  $< 1000 \text{ mg l}^{-1}$ . 86% of the wells evaluated presented the following ionic sequence:  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$ , which indicates that it is young waters of recent infiltration into the aquifer. 71% of the wells studied have waters classified as C1S1 and 29% waters type C2S1; in both cases, it is water of excellent quality according to the methodology used to evaluate the aptitude for irrigation purposes.

**Keywords:** Groundwater quality; agricultural irrigation; SAR.

## INTRODUCCIÓN

**A**nivel mundial, la agricultura de regadío es el mayor extractor y el consumidor predominante de los recursos hídricos subterráneos, habiendo surgido ampliamente importantes agroeconomías dependientes del agua subterránea. Sin embargo, en muchas zonas subhúmedas y propensas a la sequía, su uso bajo la presunción de recurso ilimitado, está causando un serio agotamiento de los acuíferos y la degradación ambiental (GWP, 2013). De igual manera, las prácticas de cultivo ejercen una gran influencia sobre la recarga y calidad del agua subterránea, ya que en zonas de gran actividad agrícola y ganadera se puede generar contaminación por el uso frecuente de sustancias químicas como los fertilizantes y pesticidas, y por la descomposición de residuos orgánicos, lo que puede ocasionar un deterioro de los acuíferos que pueden resultar irreversible o altamente costoso de sanear (Loor-Bruno et al. 2019).

En tal sentido, al hablar de calidad del agua con fines de riego, este término se refiere principalmente a la composición química del agua, o más específicamente a la composición

mineral del agua, ya que los criterios de calidad del agua de riego son completamente diferentes a los criterios de calidad de agua potable o agua para consumo humano (Mester et al. 2020). El conocimiento de la calidad del agua para fines de uso agrícola es de suma importancia, y aunque en Venezuela no existen parámetros normados con este fin, existen criterios que sirven de apoyo para la clasificación del agua de riego, tal como los desarrollados por la FAO (Ayers y Westcot, 1994), y los implementados por el Laboratorio de Riverside (Richards, 1990), ampliamente utilizados en el país.

De tal manera que las características más importantes que determinan la calidad del agua para riego son: 1) la concentración total de sales solubles; 2) la concentración proporcional de sodio con respecto a otros cationes; 3) la concentración de boro, cloruro 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 (Castellón et al. 2015).

Resulta relevante el conocimiento de los niveles de salinidad que puedan existir en el agua de riego, ya que el uso de aguas de mala calidad (alto contenido de sales y/o sodio, puede conllevar a la acumulación de sales en

el perfil de suelo, generándose un proceso denominado salinización antrópica (Betancourt et al. 2019). Esta situación genera algunos problemas para los sistemas de cultivo, y entre los más frecuentes tenemos el efecto que produce el aumento del contenido de sales en la solución del suelo incrementando la presión osmótica, y por lo tanto, la planta tiene que hacer un mayor esfuerzo para absorber el agua por las raíces, lo cual dependerá de los niveles de sensibilidad o tolerancia de las plantas a las sales (Van Zelm et al. 2020).

Uno de los principales cultivos desarrollados en el municipio Nirgua, estado Yaracuy son los cítricos, particularmente naranjas, siendo ésta catalogada como una de las principales zonas productoras en el país (Aular y Rodríguez, 2007); es importante considerar que la naranja es una planta particularmente sensible a las sales del agua, y el grado de susceptibilidad puede variar según el patrón utilizado, el tipo de suelo, y el sistema de riego utilizado (Núñez et al. 2017). En tal sentido, resulta sumamente relevante la caracterización y evaluación de la aptitud del agua a ser utilizada en el riego de este cultivo en el municipio Nirgua.

Debido a la escasa información existente con respecto a la calidad agronómica del agua en los pozos ubicados en este municipio, y siendo la agricultura una de las principales actividades económicas en la zona, resulta importante generar conocimiento acerca del estado actual de este recurso. Este trabajo de investigación tuvo como objetivo analizar la calidad del agua de riego proveniente de pozos profundos, además de considerar la repercusión de esta en las condiciones de infiltración de los suelos agrícolas del municipio Nirgua del estado Yaracuy.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de Estudio

El municipio Nirgua se ubica al sureste del estado Yaracuy. Sus coordenadas geográficas extremas están entre 9° 50' y 10° 22' de Latitud Norte, 68° 21' y 68° 58' de Longitud Oeste. El municipio está conformado por tres parroquias: Nirgua, Salom, y Temerla. De acuerdo a Grisolia y Rojas (2005), la superficie del municipio Nirgua es de 2.152 Km<sup>2</sup>, lo cual representa el 30,3 % del total del estado Yaracuy cuya extensión es de 7.100 Km<sup>2</sup>. En el municipio predominan suelos de textura arcillosa. Existe una temperatura

media de 22 °C con precipitaciones promedio de 874 mm, anuales; el patrón de distribución es bimodal, donde el período lluvioso se desarrolla de mayo a octubre y se descarga el 72% del total anual. Mayo y octubre son los meses con mayores picos de precipitación. La vegetación predominante en la zona de estudio corresponde a bosques ombrófilos submontanos, semidecíduos, estacionales. La zona de vida es bosque seco premontano (bs-Pm) (INE, 2007).

La diversidad de explotaciones agropecuarias le da una significativa importancia al municipio, en cuanto a su aporte a la economía regional. Destaca por la producción de rubros estratégicos como los cítricos, café, caña de azúcar, maíz, leguminosas, raíces, aves y huevos. El municipio destaca por un importante desarrollo agroindustrial que se nutre con materia prima de la zona y su área de influencia. Diversas empresas pequeñas y medianas procesadoras de frutas especialmente cítricos contribuyen a la

generación de empleo y productos para el consumo local, regional y nacional (FUDECO, 2004).

### **Selección de los Pozos Evaluados**

Los pozos seleccionados para este trabajo de investigación provienen de una base de datos del proyecto denominado “Efecto de la presencia de metales y nutrientes sobre la calidad de las aguas subterráneas del municipio Nirgua, estado Yaracuy” desarrollado en la División CAETRA de la Fundación CIEPE (Fonseca y Gómez, 2008); se seleccionaron de esta base de datos 14 pozos ubicados geográficamente en áreas de influencia agrícola.

En el Cuadro 1 se presenta la información relacionada a las coordenadas geográficas y responsabilidad de los pozos estudiados. Como puede observarse, el 100% de los pozos evaluados son administrados por entes gubernamentales, ya sea la alcaldía del municipio o la compañía hidrológica.

Cuadro 1. Inventario de las fuentes de aguas subterráneas activas del municipio Nirgua, estado Yaracuy hasta el segundo trimestre del 2008.

Nombre del pozo	Ubicación geográfica	Parroquia	Responsable del funcionamiento
Bosque 1	10°09'15"N 68°33'40"O	Nirgua	Alcaldía de Nirgua
La Madrileña	10°10'07"N 68°33'01"O	Nirgua	Alcaldía de Nirgua
Cabo Blanco	10°10'01"N 68°34'34"O	Nirgua	Alcaldía de Nirgua
La Herrera	10°08'05"N 68°31'46"O	Nirgua	Alcaldía de Nirgua
Madera	10°08'45"N 68°29'51"O	Nirgua	Alcaldía de Nirgua
Los Potreros	10°07'52"N 68°27'55"O	Salóm	Alcaldía de Nirgua
Quiriquire	10°06'27"N 68°27'23"O	Salóm	Alcaldía de Nirgua
Los Leones	10°07'54"N 68°28'57"O	Salóm	Alcaldía de Nirgua
La Trinidad	10°10'07"N 68°29'37"O	Nirgua	Alcaldía de Nirgua
Las Margaritas	10°10'56"N 68°29'18"O	Nirgua	Alcaldía de Nirgua
Pozo N° 11	10°08'25"N 68°30'05"O	Nirgua	Aguas de Yaracuy, C.A.
Pozo N° 10	10°08'47"N 68°29'58"O	Nirgua	Aguas de Yaracuy, C.A.
Pozo N° 3	10°15'27"N 68°25'56"O	Temerla	Aguas de Yaracuy, C.A.
Pozo N° 7	10°17'01"N 68°26'00"O	Temerla	Aguas de Yaracuy, C.A.

En la Figura 1 se muestra la ubicación geográfica de los 14 pozos evaluados ubicados en las 3 parroquias que conforman el

municipio Nirgua. Dos (02) de los pozos están ubicados en la parroquia Temerla, tres (03) en la parroquia Salóm, y nueve (09) en la parroquia Nirgua.

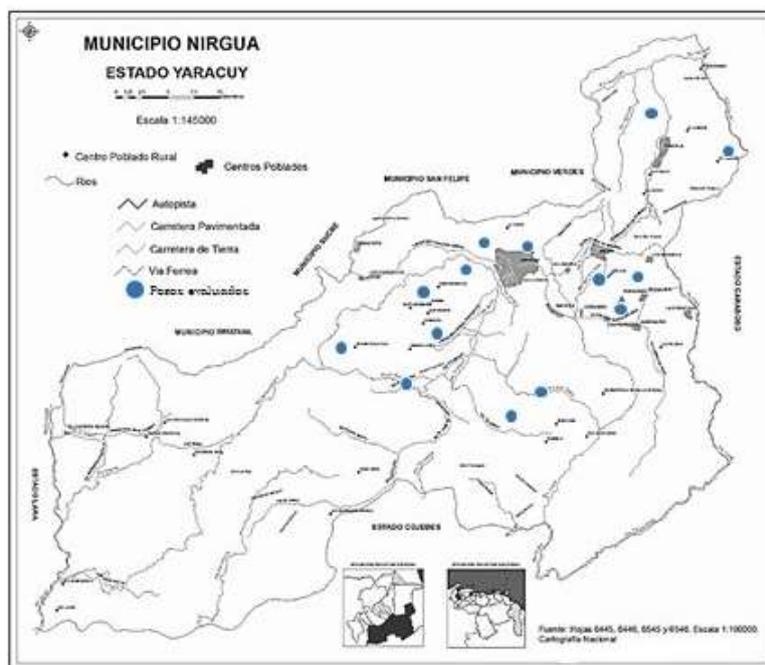


Figura 1. Ubicación geográfica de los pozos evaluados

### Muestreo de Pozos y Variables Evaluadas

Las muestras de agua fueron tomadas a la salida de cada uno de los pozos. En total se tomaron 14 muestras instantáneas, y se midieron in situ los siguientes parámetros: pH, temperatura, sólidos totales disueltos y conductividad eléctrica. El equipo utilizado para tales mediciones fue un medidor multiparamétrico marca Corning, modelo Chekmate II.

Se tomó un volumen de 1,5 litros de cada uno de los pozos muestreados, las cuales fueron conservadas con ácido nítrico, y transportadas al laboratorio bajo refrigeración.

En el laboratorio fueron medidas las concentraciones de sodio ( $\text{Na}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica marca Perkin Elmer modelo 3100. Las determinaciones se realizaron siguiendo las pautas establecidas en el manual de métodos estandarizados para análisis de

aguas y aguas residuales (APHA, 2005), y las mismas se hicieron por triplicado.

### **Método para evaluar la aptitud del agua con fines de riego**

La aptitud del agua con fines de riego se evaluó mediante el método desarrollado por el Laboratorio de Riverside (Richards, 1990). Este sistema de clasificación de agua para riego considera la peligrosidad salina y sódica a partir la conductividad eléctrica y el índice RAS respectivamente. La peligrosidad sódica mide la relación de  $\text{Na}^+$  respecto a  $\text{Ca}^{2+}$  según la relación de adsorción de sodio (RAS):

$$\text{RAS} = \text{Na}^+ \div [(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \div 2]^{0,5}$$

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados obtenidos de las mediciones in situ se registran en el Cuadro 2.

### *pH*

Con respecto al pH, la mayoría de las muestras evaluadas (12 pozos) cumplen con la normativa venezolana (GOV, 1998). Al considerar su uso para riego agrícola podrían existir ciertas limitaciones asociadas a los niveles de alcalinidad que tienen las aguas

evaluadas ( $\text{pH} > 7,5$ ), específicamente por la obstrucción que ocurre en los goteros de sistemas de riego por goteo, al ocurrir la precipitación de minerales como carbonato de calcio (Manda y Avinash, 2019). En 10 de los pozos evaluados se presenta esta situación de  $\text{pH} > 7,5$ ; en esta situación sería necesario hacer estudios más detallados para verificar la presencia de ion bicarbonato.

### *Sólidos Totales Disueltos*

Los valores de los sólidos totales disueltos (STD) oscilaron entre 19,54  $\text{mg l}^{-1}$  (pozo Cabo Blanco) a 168,5  $\text{mg l}^{-1}$  (Pozo N° 7) lo que implica que según la clasificación planteada por Davis y De Wies (1971) se catalogan como aguas dulces por presentar valores  $< 1000 \text{ mg l}^{-1}$ . Los STD expresan la medida de todas las sustancias orgánicas e inorgánicas en un líquido en forma suspendida molecular, microgranulada o ionizada (Arain et al., 2014). Las bajas concentraciones de STD encontrados en los pozos evaluados en el municipio Nirgua, sugieren las bajas concentraciones de sales inorgánicas, principalmente de

$Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ , y  $SO_4^{=}$  en el agua extraída (Valles et al., 2017).

Cuadro 2. Parámetros in situ medidos en las muestras de agua de pozo evaluadas

Nombre del Pozo	pH	Temp (°C)	STD (mg/l)	CE (μS/cm)
Bosque 1	7,11	28,30	117,90	231,00
La Madrileña	6,31	33,00	114,60	223,00
Cabo Blanco	7,05	27,20	19,54	38,90
La Herrera	8,67	27,80	143,00	236,00
Madera	7,41	27,10	116,30	232,00
Los Potreros	8,03	28,10	72,20	142,20
Quiriquire	8,09	26,40	153,00	308,00
Los Leones	7,84	26,80	150,00	299,00
La Trinidad	7,71	25,10	103,60	206,00
Las Margaritas	7,89	26,40	104,90	212,00
N° 11	8,53	27,60	116,90	241,00
N° 10	8,14	26,70	136,40	274,00
N° 03	7,63	27,10	54,20	115,20
N° 07	8,07	28,00	168,50	303,00

### Conductividad Eléctrica

Con respecto a la conductividad eléctrica (CE), el valor más bajo fue de 38,9 μS/cm para el pozo Cabo Blanco, y el valor más alto fue de 308,0 μS/cm correspondiente al pozo Quiriquire. En todos los casos, los valores indican que son aguas de baja salinidad, las cuales podrían utilizarse en cualquier tipo de cultivos (Silva et al. 2013).

### Concentración de $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ y $Na^+$ en los Pozos Evaluados

En el Cuadro 3 se presentan los valores de calcio, magnesio y sodio para las

muestras de agua de los 14 pozos evaluados. El calcio ( $Ca^{2+}$ ) fue el ion predominante en 12 de los pozos evaluados, mientras que el ion magnesio fue el ion dominante en dos de los pozos (Bosque y Las Margaritas).

El sodio siempre fue el ion que presentó los menores valores de concentración en los pozos estudiados. En la mayoría de los pozos evaluados, existe una secuencia en las concentraciones de los cationes expresada de la siguiente manera:  $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+$ , lo cual se corresponde con aguas jóvenes de reciente infiltración al acuífero, tal como lo señala Tostado (2010).

Cuadro 3. Valores de calcio, magnesio y sodio en las muestras de agua de pozo evaluadas. Valores son el promedio de tres replicas.

Pozos	Cationes (meq l <sup>-1</sup> )		
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
Bosque	1,90	1,97	0,91
La Madrileña	2,35	0,66	0,43
Cabo Blanco	0,75	0,27	0,22
La Herrera	2,85	1,81	0,65
Madera	3,05	2,72	0,43
Los Potreros	5,35	1,07	0,26
Quiriquire	3,85	0,66	0,30
Los Leones	2,25	1,32	0,83
La Trinidad	2,55	0,91	0,39
Las Margaritas	1,45	1,56	0,69
N° 11	1,65	1,15	0,39
N° 10	1,70	0,91	0,39
N° 03	1,15	0,19	0,65
N° 07	2,70	1,07	0,43

#### *Clasificación del Agua con Fines de Riego*

En el Cuadro 4 se observa la clasificación de las aguas de los pozos evaluados, aplicando la metodología del Laboratorio de Riverside (Richards, 1990). Esta propuesta metodológica ampliamente utilizada a nivel mundial, y aquí en Venezuela clasifica el peligro de salinización de los suelos según la conductividad eléctrica del agua utilizada para el riego, estableciendo seis (6) clases de aguas salinas (desde C1 hasta C6); y además clasifica la

peligrosidad de sodificación del suelo por el agua de riego en función de su índice RAS, planteando en este caso cuatro (4) clases de agua de acuerdo al valor de RAS que presenten (desde S1 hasta S4).

Los pozos evaluados en su mayoría (10) fueron clasificados como C1S1 lo que se traduce en pozos que extraen aguas de baja salinidad, que podrían utilizarse para la mayoría de los cultivos agrícolas; además estas aguas podrían usarse en casi todos los suelos sin ningún riesgo de que el nivel de sodio

intercambiable se eleve demasiado (González et al. 2019).

Cuadro 4. Clasificación del agua con fines de riego de los pozos evaluados en el municipio Nirgua, estado Yaracuy.

Pozo/Indicador	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	RAS	Clase por salinidad	Clase por Sodicidad
Bosque	231,00	0,65	C1	S1
La Madrileña	223,00	0,35	C1	S1
Cabo Blanco	38,90	0,31	C1	S1
La Herrera	236,00	0,43	C1	S1
Madera	232,00	0,25	C1	S1
Los Potreros	142,20	0,15	C1	S1
Quiriquire	308,00	0,20	C2	S1
Los Leones	299,00	0,62	C2	S1
La Trinidad	206,00	0,30	C1	S1
Las Margaritas	212,00	0,56	C1	S1
N° 11	241,00	0,33	C1	S1
N° 10	274,00	0,34	C2	S1
N° 03	115,20	0,79	C1	S1
N° 07	303,00	0,31	C2	S1

Por otra parte, cuatro (4) de los pozos clasificaron como C2S1, lo cual indica que son aguas de salinidad moderada, que podrán usarse en todos los cultivos, siempre y cuando los suelos sean de buena permeabilidad. Medina et al. (2016) establecen que este tipo de aguas se pueden usar para obtener rendimientos agrícolas apropiados siempre y cuando exista un grado moderado de lavado y suficiente drenaje. Las mismas tienen un bajo

riesgo de sodificar el suelo. En la Figura 2 se puede visualizar el diagrama para la clasificación del agua con fines de riego elaborado por el Laboratorio de Riverside (Richards, 1990). Allí se plasman de manera gráfica los pozos evaluados en el municipio Nirgua, estado Yaracuy. De manera general, se puede indicar que el 100 % de las aguas subterráneas extraídas tienen una aptitud excelente para ser utilizadas con fines de riego agrícola.

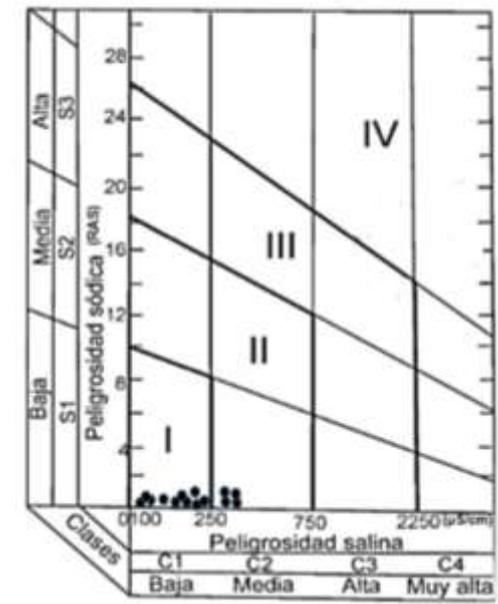


Figura 2. Diagrama para la clasificación del agua con fines de riego (Laboratorio de Riverside, USA) Pozos evaluados en el municipio Nirgua, estado Yaracuy. Clase 1: Aptitud Excelente. Clase 2: Aptitud Buena. Clase 3: Aptitud Buena a Regular. Clase 4: Aptitud Regular a Mala.

## CONCLUSIONES

La clase de agua predominante es C1S1 la cual fue reportada en 10 de los pozos evaluados son aguas bajas en salinidad y en sodio, las cuales se pueden utilizar en la mayoría de los cultivos agrícolas, y en cualquier tipo de suelos, sin desarrollar peligros por acumulación de sales y sodio.

El catión dominante en las aguas evaluadas es el calcio, lo cual evidencia la condición de aguas relativamente jóvenes, de reciente infiltración al acuífero.

Todas las muestras de agua de los pozos estudiados son aguas de excelente

calidad, según la metodología utilizada para evaluar la aptitud con fines de riego.

## REFERENCIAS

- APHA. (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater. 22th edition. Washington, DC.
- Arain, M., Ullah, I., Niaz, A., Shah, N., Shah, A., Hussain, Z., Tariq, M., Afridi, H., Baig, J. and Kazi, T. (2014). Evaluation of water quality parameters in drinking water of district Bannu, Pakistan:

- Multivariate study. Sustainability of Water Quality and Ecology 3(4):114-123.
- Aular, J., y Rodríguez, Y. (2007). Calidad de la fruta del naranjo proveniente de Nirgua, Venezuela. Actas de Horticultura N° 48. XI Congreso de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Albacete, España. Pp: 33-36.
- Ayers, R.S., y Westcot, D. (1994). Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1. Roma, Italy.
- Betancourt, C., Tartabull, T., Labaut, Y. y Ferradaz, R. (2019). Principales procesos que impactan la calidad del agua para el riego en pozos costeros del centro sur cubano. Rev. Int. Contam. Ambie. 35(3):541-552.
- Castellón, J., Bernal, R., y Hernández, M. (2015). Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala Ingeniería. 19(1):39-50.
- Coronel, A., y González, M. (2015). Las aguas subterráneas. En: Gabaldón, A.J. et al (Eds). Agua en Venezuela: Una riqueza escasa. Ediciones de la Fundación Polar. Pp:142-165. Caracas, Venezuela.
- Davis, S.N. y De Wiest, R.J. (1971). Hidrogeología. Editorial Ariel. Barcelona, España. 563 p.
- Fonseca, R. y Gómez, E. (2008). Efecto de la presencia de metales y nutrientes sobre la calidad de las aguas subterráneas del municipio Nirgua, estado Yaracuy. Informe de Avance. Proyecto de Investigación desarrollado en la División CAETRA de la Fundación CIEPE. 20 p.
- FUDECO. 2004. Dossier municipio Nirgua, estado Yaracuy. Barquisimeto, Lara, Venezuela. 19 p.
- Gaceta Oficial de la República de Venezuela (1998). Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable. N° 36.395 del 13 de febrero de 1998. Caracas, Venezuela.
- González, E., Ortega, H., Yáñez, M. y Rodríguez, A. (2019). Diagnóstico de indicadores de calidad físico-química del agua en afluentes del río Atoyac. Tecnología y Ciencias del Agua. 10(1):30-51.
- Grisolía, J., y Rojas, M. (2005). Evaluación de la disponibilidad de las aguas subterráneas en el área de Nirgua-Salóm, estado Yaracuy. Trabajo Final de Grado para optar al título de Ingeniería Geológica de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. 86 p.
- GWP (2013). Global Water Partnership. Aguas subterráneas y agricultura de regadío: haciendo una relación beneficiosa más sostenible. Estocolmo, Suecia. 20 p.

- INE. (2007). Instituto Nacional de Estadística. Informe Geoambiental del Estado Yaracuy. 139 p.
- Loor-Bruno, Á., Carrión, R., y Mantilla, G. (2019). Vulnerabilidad de los acuíferos ante la percolación de agroquímicos en el cantón Gral. Antonio Elizalde. Universidad y Sociedad. 11(2):395-401.
- Manda, R. and Avinash, A. (2019). Acid treatment for drip irrigation system. *International Journal of Agriculture and Environmental Research*. 5(5):615-619.
- Medina, E., Mancilla, O., Larios, M., Guevara, R., Olguín, J. y Barreto, O. (2016). Calidad del agua para riego y suelos agrícolas en Tuxcacuesco, Jalisco. *IDESIA*. 34(6):51-59.
- Mester, T., Balla, D. and Szabó, G. (2020). Assessment of groundwater quality changes in the rural Environment of the Hungarian Great Plain based on selected water quality indicators. *Water, Air and Soil Pollution*. 231(11):536.
- Núñez, M., Dell'Amico, J., Pérez, M., y Betancourt, M. (2017). Estrés hídrico y salino en cítricos. Estrategias para la reducción de daños. *Cultivos Tropicales*. 38(4):65-74.
- Richards, L.A. (1990). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos: Manual No. 60. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Limusa. México, D. F. 172 p.
- Silva, J., Moncayo, R., Ochoa, S., Estrada, F., Cruz-Cardenas, G., Escalera, C., Villalpando, F., y Nava, J. (2013). Calidad química del agua subterránea y superficial en la cuenca del río Duero, Michoacán. *Tecnología y Ciencias del Agua*. 4(5):127-146.
- Tostado, M. (2010). Desarrollo hidrogeoquímico de la cuenca San Miguel, Baja California. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Programa de Postgrado en Ciencias de la Tierra. Ensenada, Baja California, México. 99 p.
- Valles, M., Ojeda, D., Guerrero, V., Prieto, J., y Sánchez, E. (2017). Calidad del agua para riego en una zona Nogalera del estado de Chihuahua. *Rev. Int. Contam. Ambie*. 33(1):85-97.
- Van Zelm, E., Zhang, Y., and Testerink, C. (2020). Salt tolerance mechanisms of plants. *Annual Review of Plant Biology*. 71(1): 403-433.