

## **UTILIZACIÓN DE UN ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA EN FUENTES SUBTERRÁNEAS PARA CONSUMO HUMANO EN LA PROVINCIA DE LA RIOJA**

**Díaz, Esteban<sup>1-4</sup>; Quintero, Claudia<sup>1-4</sup>; Macchi, Carlos<sup>1</sup>; Reinoso, Matías<sup>1</sup>; Herrera Carrizo, Guillermo<sup>2</sup>; Romero Vega, Marcela<sup>3</sup>; Agost Carreño, M.<sup>1</sup>; Ortiz, A.<sup>1</sup>; Rivera, B.<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup> Dpto. Ingeniería Civil UTN-FRLR

<sup>2</sup> Becario BINID

<sup>3</sup> Maestría en Ing. Ambiental UTN-FRLR

<sup>4</sup> Grupo GAIA – UTN-FRLR

e-mail: [esteban28963@yahoo.com.ar](mailto:esteban28963@yahoo.com.ar)

**Resumen.** En forma global el aumento en los niveles de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas ha generado la necesidad de cuantificar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua. Por otra parte, debido a las diferencias de interpretación entre los encargados de tomar decisiones, los expertos en el tema y del público en general, existe un esfuerzo creciente para desarrollar un sistema indicador que agrupe los parámetros contaminantes más representativos dentro de un marco de referencia unificado.

Analizando la información se puede discernir que una de las metodologías que se destacan para determinar la calidad del agua es el uso de indicadores ICA: como herramienta matemática que permite la transformación de grandes cantidades de datos en una escala de medición única, que lleva dentro, la influencia compuesta de diferentes parámetros de calidad del agua, pero principalmente para determinar la idoneidad de un determinado recurso de agua subterránea para el consumo humano. El indicador será calculado con el fin de poder evaluar la calidad del agua subterránea de distintas fuentes de la provincia de acuerdo con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa vigente. Y principalmente; que sirva de base a futuros estudios, y ser utilizado en propuestas sobre las posibles tecnologías de tratamiento y el grado de inversión requerido.

En este primer avance de investigación tipo descriptiva y retrospectiva con una muestra general obtenida en la provincia de análisis fisicoquímicos, se seleccionaron once parámetros químicos para aplicar el método de cálculo ICA aritmético ponderado. Para cumplir con el objetivo del trabajo de avance, se analizaron 303 protocolos de análisis fisicoquímicos en toda la provincia en un periodo de 10 años. Adoptándose en cada localidad los valores medios de cada uno de los once parámetros y determinar un ICA representativo del total de las perforaciones en cada localidad. En general en la mayor parte de la provincia la calidad del agua subterránea para abastecimiento humano es aceptable. No obstante, los resultados obtenidos son en forma muy global y simplificada. Se debe continuar el estudio de utilización del ICA para cada fuente en particular; obteniéndose así resultados más ajustados a la realidad del comportamiento de la fuente subterránea.

**Palabras Claves:** Agua Potable, Agua Subterránea, Índice de Calidad del Agua.

## 1. Introducción

La provincia de La Rioja presenta una heterogeneidad, en cuanto a la disponibilidad y a la demanda de sus recursos hídricos, esto sumado a las características que posee tanto de las aguas superficiales como subterráneas, a la creciente demanda hídrica, al crecimiento poblacional, podemos identificar desafíos desde el punto de vista de la gestión y de la disponibilidad espacial, temporal y en calidad adecuada. El resultado se manifiesta en crecientes diferencias entre las necesidades a satisfacer y los recursos hídricos aptos para atenderlas.

En forma global el aumento en los niveles de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas ha generado la necesidad de cuantificar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua. Por otra parte, debido a las diferencias de interpretación entre los encargados de tomar decisiones, los expertos en el tema y del público en general, existe un esfuerzo creciente para desarrollar un sistema indicador que agrupe los parámetros contaminantes más representativos dentro de un marco de referencia unificado.

Durante las últimas décadas, se han duplicado los esfuerzos para implementar y poner en marcha programas de monitoreo a nivel mundial, con el fin de evaluar la calidad del agua de las fuentes de abastecimiento de las ciudades. (Bordalo et al., 2006; Kannel et al., 2007). El Índice de Calidad del Agua es un instrumento matemático que se utiliza para integrar y transformar ciertos valores en un solo número, éste índice se emplea para evaluar integralmente la calidad de diversos cuerpos de agua, se basa en el uso de algunos parámetros fisicoquímicos y biológicos (Olguín et al., 2010).

Analizando la información se puede discernir que una de las metodologías que se destacan para determinar la calidad del agua es el uso de indicadores ICA como herramienta matemática que permite la transformación de grandes cantidades de datos en una escala de medición única, que lleva dentro, la influencia compuesta de diferentes parámetros de calidad del agua, pero principalmente para determinar la idoneidad de un determinado recurso de agua subterránea para el consumo humano.

El ICA se calcula desde el punto de vista de la idoneidad de las aguas subterráneas para el consumo humano, siguiendo las tendencias actuales en cuanto a la vigilancia de la calidad del agua, donde según la Organización Mundial de la Salud (OMS) se debe dar prioridad a aquellas sustancias que se consideran de importancia para la salud y que sean conocidas por estar presentes en concentraciones apreciables en las fuentes de abastecimiento de agua.

Con relación al número de parámetros empleados, éste varía de un índice a otro; sin embargo, se puede observar que los ICA desarrollados en los últimos años y cuyo principal objetivo es la evaluación del agua a ser destinada para consumo humano previo tratamiento, emplean un mayor número de parámetros principalmente de tipo fisicoquímico, asociados a la evaluación del riesgo químico en el agua. (Torres et al., 2010).

En este estudio se relevaron las fuentes de agua empleadas o potencialmente por destinar para consumo humano y se trabaja en lo referente a las concentraciones de

parámetros fisicoquímicos. Siempre en las fuentes de agua, y no en la distribución dentro de lo que es el sistema agua potable. El indicador será calculado con el fin de poder evaluar la calidad del agua subterránea de distintas fuentes de la provincia de acuerdo con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa vigente.

Y principalmente satisfacer la necesidad de contar con un diagnóstico de situación preliminar; que sirva de base a futuros estudios, y ser utilizado para darle viabilidad y prioridades al planteo de propuestas sobre las posibles tecnologías de tratamiento de las aguas para consumo y el grado de inversión requerido.

## **2. Materiales y métodos**

En este primer avance de investigación tipo descriptiva y retrospectiva se utiliza como antecedente el trabajo “Concentraciones de Fluoruros y de Arsénico en Localidades de la Provincia de La Rioja” (Diaz et al., 2019); con la información histórica sobre análisis fisicoquímicos en las fuentes de aguas superficiales y subterráneas de la provincia. A los que se suman datos de los años 2019 al 2022, procedentes del Instituto Provincial de Agua (IPALAR) – Secretaria de Agua, de Aguas Riojanas SAU (ARSAU) y de la Dirección de Agua Potable (DAPyS), y en su desarrollo se utilizan solo los historiales de datos de los análisis fisicoquímicos de fuentes de agua subterránea disponibles para la provisión de agua de la población en las localidades y en un periodo que va desde el año 2013 al 2022.

De la muestra general de análisis fisicoquímicos, se seleccionaron once parámetros químicos para aplicar el método de cálculo ICA aritmético ponderado. En cada localidad se determinaron los valores medios resultantes de los datos analizados de parámetros como pH, Conductividad, Sólidos Totales, Dureza, Alcalin/Bicarb, Sodio, Cloruros, Sulfatos, Nitratos, Flúor y Arsénico. La información final corresponde a 27 localidades ya que en 9 de las 36 localidades estudiadas no se cuenta con determinaciones en fuentes de aguas subterráneas. A los efectos de establecer comparaciones relativas se realizaron en función de los valores vigentes según los límites normativos establecidos dentro del Marco Regulador del Servicio de Agua Potable y Desagües Cloacales en la Provincia de La Rioja (Ley N°6.281) y el Instrumento de Vinculación. Y complementariamente su comparación con respecto a lo establecido por el Código Alimentario Argentino (CAA). (Tabla 1).

Para determinar el ICA se siguen pasos sucesivos (Tiwari y Mishra, 1985; Singh, 1992; Anwar A. Aly, 2014). Primero, se le asigna un peso ( $\pi$ ) a cada uno de los once parámetros de acuerdo con su importancia relativa de calidad del agua en general para consumo humano. Los valores asignados estuvieron en el rango de 1 (menos significativo) a 4 (más significativo). (Tabla 1). Los valores de ICA calculados se clasificaron de acuerdo con Ramakrishnaiah et al. (2009); Ketata-Rokbani et al. (2011) como excelente, buena, pobre, muy pobre e inadecuada o no apta para destinarla al consumo humano previo tratamiento. (Tabla 2).

Para cumplir con el objetivo del trabajo de avance, se analizaron los datos de las fuentes de aguas subterráneas de 303 protocolos de análisis fisicoquímicos en toda la provincia. Adoptándose los valores medios de cada uno de los once parámetros para determinar un ICA representativo del total de las perforaciones para cada

localidad. Para simbolizar se procedió a representar los resultados que se promediaron por localidades, ubicándose de acuerdo con la Clase, agregándose como complemento una codificación por colores. (Tabla 2).

Tabla 1: Niveles de concentración aceptables y peso en orden de importancia.

Parámetros considerados	Valor estándar normativa provincial (NLR)	Valor estándar normativa (CAA)	Importancia relativa s/salud humana	Peso relativo
pH	6,5 - 8,5	6,5 – 8,5	1	0,036
Conductividad [ $\mu$ S/Cm]	1500		1	0,036
Sólidos Totales [mg/Lt]	2000	1500	3	0,107
Dureza [mg/Lt]	500	400	2	0,071
Sodio [mg/Lt]	200		2	0,071
Alcalinidad bicarbonatada [mg/Lt]	800		1	0,036
Cloruros [mg/Lt]	400	350	3	0,107
Sulfatos [mg/Lt]	400	400	3	0,107
Nitratos [mg/Lt]	50	45	4	0,143
Fluoruros [mg/Lt]	2	1,3	4	0,143
Arsénico [mg/Lt]	0,05	0,01	4	0,143

Tabla 2. Clasificación de la calidad del agua potable.

Clasificación de la calidad del agua potable		
Rango valor de ICA	Clase	Calidad de agua
$\leq 50$	I	Excelente
50,1 -100	II	Buena
100,1 -200	III	Pobre
200,1 - 300	IV	Muy Pobre
>300	V	Inadecuada

### 3. Resultados y Discusión

En cuanto a los parámetros estudiados y tomando de referencia la normativa provincial, del total de muestra general estudiada de todas las localidades, se encontraron valores por encima de la norma (entre paréntesis s/CAA) como: Conductividad en un 52,1 %, Sulfatos 16,3 %, Sodio 12,5 %, Fluoruros 7,5 % (48,8 %), Dureza 7,1 % (13,5%), Cloruros 6,9 % (9,9 %), pH 3,3 %, Nitratos 3,0 % (6,3 %), Sólidos Totales 1,7 % (7,5 %), Arsénico 0,3 % (6,2 %) y Alcalinidad 0,0 %.

Con la información disponible y comparada, a pesar de que existen áreas con fuentes que presentan aguas con concentraciones superiores a los límites normativos, los valores son bajos en comparación con otros lugares del país, tanto del Flúor como del Arsénico y no presentan particularidades sobresalientes los otros parámetros cotejados. (Diaz et al., 2019). No obstante, es aconsejable reiterar la necesidad de profundizar en la evaluación de la distribución geográfica, en todos los parámetros estudiados.

El Gráfico 1 se muestra la comparación del ICA y el estado de calidad del agua entre las localidades estudiadas, el mayor valor de ICA se registra con 230,3 (259,3) -Tipo IV- que corresponde a muy pobre que necesita tratamiento, y el más bajo se registra 16,8 (24,0) -Tipo I- que es un agua considerada excelente que puede ser utilizada

como fuente para consumo humano ya que a lo sumo debe controlarse algún parámetro por fuera de norma. No se encontró aguas del Tipo V o sea inadecuada.

En cuanto al comportamiento del ICA en porcentajes vemos que la calidad de agua de Tipo I (Excelente) es de 59,3% (48,1%), de Tipo II (Buena) es de 29,6% (37,0%), de Tipo III (Pobre) es de 7,4% y de Tipo IV (Muy Pobre) es de 3,7 %.

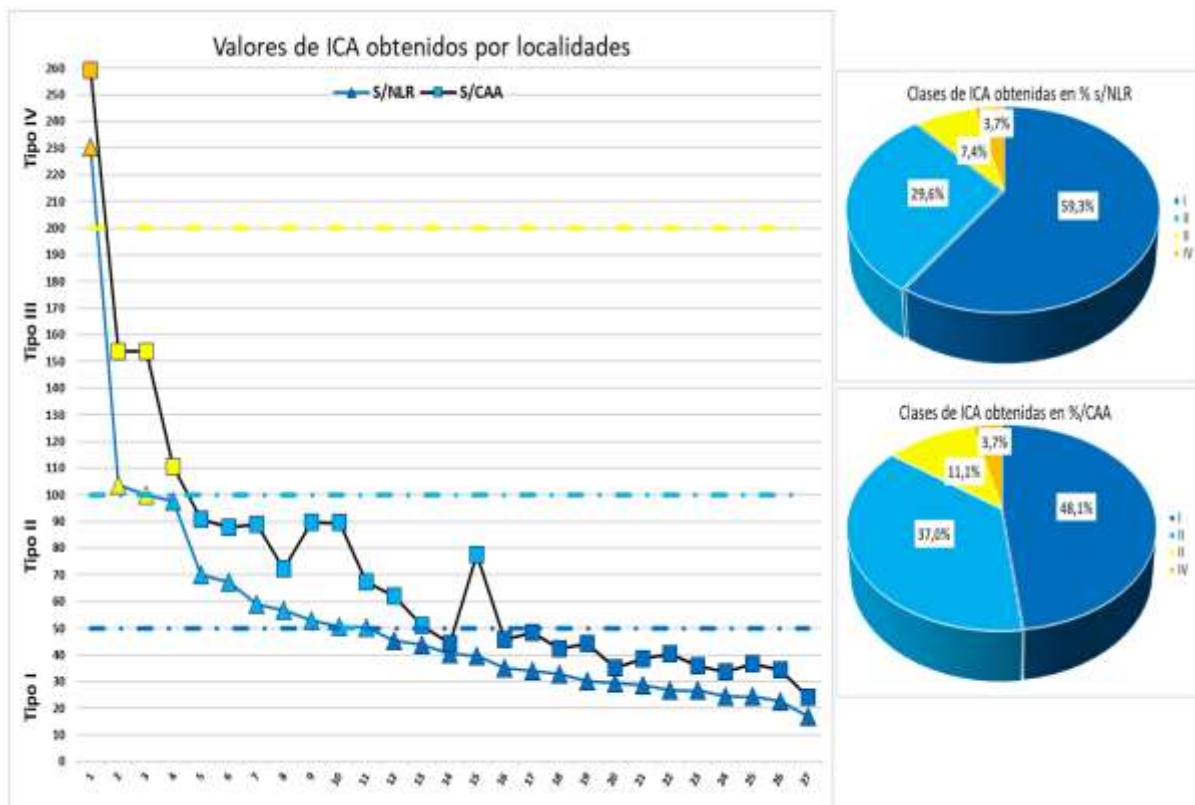


Gráfico 1. Comportamiento de los ICA s/NLR y s/CAA. Valores por Localidad y por Clases en %.

#### 4. Conclusiones

En general en la mayor parte de la provincia la calidad del agua subterránea para abastecimiento humano es aceptable, y esto en muchos casos no significaría grandes y costosos tratamientos para su potabilización.

No obstante, no debemos dejar de considerar que los resultados obtenidos son en forma muy global y simplificada. Se seguirá el estudio de utilización del ICA para cada localidad y para cada fuente en particular; obteniéndose así resultados más ajustados a la realidad del comportamiento de la fuente subterránea.

En general y por su diseño cualquier índice, contiene menos información que los datos a partir del cual se obtiene y del que constituye un resumen, por tanto, no puede reemplazar el análisis detallado de los datos obtenidos a partir de un plan de monitoreo.

Un ICA nos permite establecer un seguimiento continuo de la calidad del agua, como técnica para examinar tendencias, prioridades, etc.; y es un medio para identificar áreas geográficas potencialmente propensas con inconvenientes de calidad del agua y proteger el agua potable de manera proactiva de los peligros de contaminación.

Por último, avalar la necesidad de proseguir las investigaciones en lo referente a la calidad del agua y apoyar la uniformidad en una base de datos general para obtener resultados confiables y comparables.

## 5. Referencias

- Anwar A. Aly & Abdulrasoul M. Al-Omran & Mezal M. Alharby. (2014) The water quality index and hydrochemical characterization of groundwater resources in Hafar Albatin, Saudi Arabia. Arab J Geosci DOI 10.1007/s12517-014-1463-2.
- Diaz, Esteban O.; Quintero Claudia N. (2019) - "Concentraciones de Fluoruros y de Arsénico en Localidades de La Provincia de La Rioja". VII Congreso Bianual PROIMCA VII Congreso Bianual PROIMCA.
- Griffa, C.; Panigatti, C.; Boglione, R.; Schierano, C. Y Asforno, M. (2022) "Cálculo del Índice de Calidad (ICA) en Aguas Subterráneas de Rafaela (Santa Fé)". III ECIDE–2021 Encuentro de Comunicación, Investigación, Docencia y Extensión UTN – Facultad Regional La Rioja p 48-53.
- Instrumento de Vinculación entre el Estado Provincial (2013) - (Titular del Servicio Público de Provisión de Agua Potable y Desagües Cloacales) y la Empresa Aguas Riojanas Sociedad Anónima con Participación Estatal Mayoritaria (ARSAPEM).
- Ketata-Rokbani, M., Gueddari, M., & Bouhlila, R. (2011). Use of Geographical Information System and Water Quality Index to Assess Groundwater Quality in El Khairat Deep Aquifer (Enfidha, Tunisian Sahel). Iran J. Energy Environ., 2(2):133-144.
- Ley Provincial Nº: 6281/96. (1996) - Marco Regulador del Servicio de Agua Potable y Desagües Cloacales en la Provincia de La Rioja y sus modificatorias Leyes Nº6308/97; Nº6349/97 y Nº7173/01.
- Olgún et al., (2010). Rev Latinoam Biotecnol Amb Algal 1(2):178-190.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2013) "Guías para la calidad del agua potable. Vol. 1: Recomendaciones. Tercera edición.
- Patil, Vt y Patil, Pr (2013). Estado de la calidad del agua subterránea utilizando el índice de calidad del agua en la ciudad de Amalner, Maharashtra. Revista de Investigación Química y Farmacéutica, 5 (5), 67-71.
- Ramakrishnaiah Cr, Sadashivaiah C. y Ranganna G.; "Assessment of Water Quality Index for the Groundwater in Tumkur Taluk, Karnataka State, India". ISSN: 0973-4945; CODEN ECJHAO Revista electrónica de química 2009,6(2), 523-530.
- Torres, P., & Cruz, C., & Patiño, P., & Escobar, J. C., & Pérez, A. (2010). Aplicación de índices de calidad de agua - ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano. Ingeniería e Investigación, 30 (3),86-95.
- Torres, P.; Cruz, C. H. & Patiño, P. J. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano una revisión crítica. Revista Ingenierías, 8(15), 79-94.