

**II ENCUENTRO DE
COMUNICACIÓN,
INVESTIGACIÓN, DOCENCIA Y
EXTENSIÓN**

Y

**I FORO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

GAIA

**(GRUPO DE ACTIVIDADES INTERDISCIPLINARIAS
AMBIENTALES) - UTN – FRLR**



Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional La Rioja. Grupo de Actividades Interdisciplinarias Ambientales

II Encuentro de Comunicación, Investigación, Docencia y Extensión y I Foro de Ingeniería Ambiental UTN FRLR / compilado por Vicente Calbo; coordinación general de María Cecilia Baldo - 1a ed compendiada. - La Rioja: Suyay, 2021.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-48010-0-5

1. Actas de Congresos. 2. Ingeniería. I. Calbo, Vicente, comp. II. Baldo, María Cecilia, coord. III. Título.
CDD 620.8

ISBN 978-987-48010-0-5



9 789874 801005

TRABAJOS II ECIDE y I FIA

**II ENCUENTRO DE
COMUNICACIÓN,
INVESTIGACIÓN, DOCENCIA Y
EXTENSIÓN**

Y

**I FORO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

GAIA

**(GRUPO DE ACTIVIDADES INTERDISCIPLINARIAS
AMBIENTALES) – UTN - FRLR**

PRÓLOGO

La Facultad Regional La Rioja, entre sus políticas y acciones, prioriza la participación de sus investigadores en eventos de comunicación de resultados de los proyectos de investigación y extensión, sin descartar otras actividades académicas.

Docentes investigadores, extensionistas, doctorandos y maestrandos, tienen la oportunidad y posibilidad de presentar sus ponencias localmente, en un evento de calidad y rigor evaluativo, como primeros pasos o consolidación de experiencia previa para la participación en eventos más amplios, sean nacionales o internacionales. La convocatoria es amplia y se suman las comunidades académicas de otras universidades radicadas en la provincia de La Rioja.

Quienes llevamos años en la carrera de docente investigador, sabemos por experiencia que los comienzos son difíciles, por ello, en 2017 dimos origen al Primer Encuentro de Comunicación, Investigación, Docencia y Extensión, como evento a repetir cada dos años. Transcurrido este tiempo, y con las carreras de posgrado “Especialización en Ingeniería Ambiental” y “Maestría en Ingeniería Ambiental”, se sumó un espacio especial para los cursantes de las mismas, el Primer Foro de Ingeniería Ambiental.

Esperamos estar logrando los objetivos originalmente planteados.

Dr. Vicente Calbo
Secretario de Ciencia y Tecnología
UTN Facultad Regional La Rioja

CARACTERIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA DUREZA DEL AGUA EN FUENTES UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO

Díaz, Esteban O.^(1,2,3); Quintero, Claudia N.^(1,2,3) y Personal de la DAPyS⁽³⁾

⁽¹⁾Docente FRLR-UTN y UNLAR

⁽²⁾GAIA-FRLR-UTN

⁽³⁾DAPyS-Dirección de Agua Potable y Saneamiento Ente Único de Control
esteban28963@yahoo.com.ar.

Resumen

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el grado de dureza del agua se debe al contenido de calcio y, en menor medida, de magnesio disueltos. Su aceptabilidad por la población puede ser muy variable. En algunos casos, los consumidores toleran una dureza del agua mayor que 500 mg/l. Sin embargo, desde el punto de vista de la operación del abastecimiento interesa evaluar si presenta condiciones corrosivas e incrustantes. Existen antecedentes internacionales en la bibliografía especializada sobre la relación entre dureza del agua de consumo y algunas enfermedades que afectan al ser humano. Pero la OMS considera que no son concluyentes, por lo que no propone un valor guía para la dureza basado en criterios sanitarios.

En este trabajo se busca una primera caracterización del comportamiento debido a la concentración de la dureza por CaCO_3 , de las fuentes de aguas usadas para el consumo humano, utilizando la clasificación de la OMS. Y lograr el mapeo de la provincia por departamentos, aplicando para ello los promedios de los valores. Tiende a alcanzar como objetivo el promover su manejo para generar y evaluar soluciones que optimicen y/o minimicen los riesgos potenciales derivados del uso de aguas con concentraciones de dureza. Y que se traduce en la posibilidad de operar como un factor preponderante del origen de inconvenientes en las instalaciones sanitarias e industriales. El grado de dureza del agua es determinado por la OMS como factor de rechazo para la ingesta del agua. Sin embargo, desde el punto de vista de la operación del abastecimiento interesa evaluar si presenta condiciones corrosivas e incrustantes, ya que genera pérdidas económicas.

La presente investigación es de tipo descriptiva y retrospectiva. Para su desarrollo se analizaron los historiales de datos de protocolos de análisis físico-químicos de las fuentes de aguas superficiales y subterráneas utilizadas en la provisión de agua en toda la provincia. Siendo el próximo paso la caracterización y distribución de la dureza ya específicamente por localidad o radio servido, o los estudios por tipo de dureza. En términos generales es considerable el porcentaje de las aguas muy duras y blandas, que puede causar inconvenientes en la operación, pero el porcentaje de las aguas utilizadas para consumo humano que no superan el valor límite dado por el CAA, ni el de la normativa provincial es bajo. Siendo recomendable realizar estudios epidemiológicos para evaluar la existencia de relación con algunos problemas de salud.

Palabras Claves: agua, calidad, dureza.

Introducción

El agua adquiere la dureza cuando pasa a través de las formaciones geológicas que contienen los elementos minerales que la producen y por su poder solvente los disuelve e incorpora. La concentración de sustancias disueltas en el agua varía dependiendo de la localización geográfica y la estación del año.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) [1] el grado de dureza del agua se debe al contenido de calcio y, en menor medida, de magnesio disueltos. Suele expresarse como cantidad equivalente de carbonato cálcico. La aceptabilidad por la población del grado de dureza del agua puede ser muy variable de una comunidad a otra, en función de las condiciones locales. En algunos casos, los consumidores toleran una dureza del agua mayor que 500 mg/l.

Existen antecedentes internacionales en la bibliografía especializada sobre la relación entre dureza del agua de consumo y algunas enfermedades que afectan al ser humano. La OMS menciona que existen varios estudios epidemiológicos, ecológicos y analíticos, en que se ha observado que existe una relación inversa significativa entre la dureza y las enfermedades cardiovasculares y también se menciona que aguas muy blandas tienen efectos negativos en el equilibrio mineral del hombre. Considera que estos estudios no son concluyentes, por lo que no propone un valor guía para la dureza basado en criterios sanitarios.

Sin embargo, desde el punto de vista de la operación del abastecimiento interesa evaluar si presenta condiciones corrosivas e incrustantes. Ambos fenómenos producen complicaciones de tipo operativo en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y de uso industrial.

El Código Alimentario Argentino (CAA) [2] establece una dureza máxima de 400 ppm medidas como mg de CaCO_3 /l de agua, para que el agua sea potable. Sin embargo, los problemas relacionados con las incrustaciones duras (sarro) se advierten con valores muy inferiores al mencionado. La legislación vigente en la provincia de La Rioja [3] [4] incluye como límites recomendados un valor entre 100 y 500 mg/l.

En la provincia no existen estudios específicos sobre el tema, y en este trabajo se busca una primera caracterización del comportamiento debido a la concentración de la dureza por CaCO_3 , de las fuentes de aguas superficiales y subterráneas, utilizando la clasificación establecida por la OMS. Y lograr esquematizar un mapeo de la provincia por departamentos, de la mencionada concentración, aplicando para ello los promedios de las fuentes de agua usadas para el consumo humano.

El estudio tiende a alcanzar como objetivo el promover su manejo para generar y evaluar soluciones que permitan optimizar y/o minimizar los riesgos derivados del uso de aguas con concentraciones de dureza. Por el riesgo potencial que se traduce en la posibilidad de actuar como un factor preponderante del origen de inconvenientes en las instalaciones sanitarias e industriales, y en consecuencia el poder definir y plantear la adecuación de sus diseños. Siendo el próximo paso la caracterización y distribución de la dureza ya específicamente por localidad o radio servido, o los estudios por tipo de dureza.

Materiales y métodos

La presente investigación es de tipo descriptiva y retrospectiva. Para su desarrollo se utilizan los historiales de datos de los análisis físico-químicos de fuentes de agua utilizadas en la provisión de agua de la población de esos departamentos, procedentes del Instituto Provincial de Agua (IPALAR), de Aguas Riojanas SAPEM (ARSAPEM) y de la Dirección de Agua Potable (DAPyS). [5]

Para cumplir con el objetivo del trabajo, se analizaron los datos de dureza total, de las fuentes de aguas superficiales y subterráneas de 256 protocolos de análisis físicoquímicos en toda la provincia.

De la muestra general obtenida se determinaron para cada departamento los valores mínimos, medios y máximos de los datos analizados (Tabla 1).

Tabla 1: Comportamiento de la Dureza: Valores Máximos, Medios y Mínimos.

DEPARTAMENTOS	DUREZA (CO ₃ Ca)		
	Conc. Máx	Conc. Prom	Conc. Mín.
Famatina	1548	570	24
Chamical	1419	520	90
San B. de los Sauces	722	340	69
Gral San Martín	722	329	161
Arauco	877	320	5
Capital	1126	272	26
Chilecito	611	235	5
Gral Ángel V. Peñaloza	499	160	5
Castro Barros	249	126	7
Gral Ocampo	636	124	2
Gral J. F. Quiroga	180	87	34
R. Vera Peñaloza	131	73	16
Independencia	153	69	10
Sanagasta	146	47	10
Gral Lamadrid	73	30	7
Cnel Felipe Varela	39	21	5
Gral Belgrano	s/d	s/d	s/d
Vinchina	s/d	s/d	s/d

Los datos obtenidos se agruparon de acuerdo con la clasificación por concentración de CaCO₃ establecida por la OMS (Tabla 2). La información corresponde a 16 departamentos ya que en dos de ellos no se cuenta con determinaciones. Se adoptó trabajar con los valores medios.

Para simbolizar el mapeo se procedió a representar los resultados que se promediaron por departamento, ubicándose de acuerdo con la clasificación de la OMS, agregándose en el cuadro como complemento una codificación por colores. (Imagen 1).

Tabla 2. Clasificación de la dureza por CaCO₃ en el agua, según OMS.

Concentración de CaCO ₃ (mg/l)	Tipo	Codificación
0 - 60	Blanda	Azul
61 - 120	Moderadamente dura	Verde
121 - 180	Dura	Naranja
180	Muy dura	Rojo

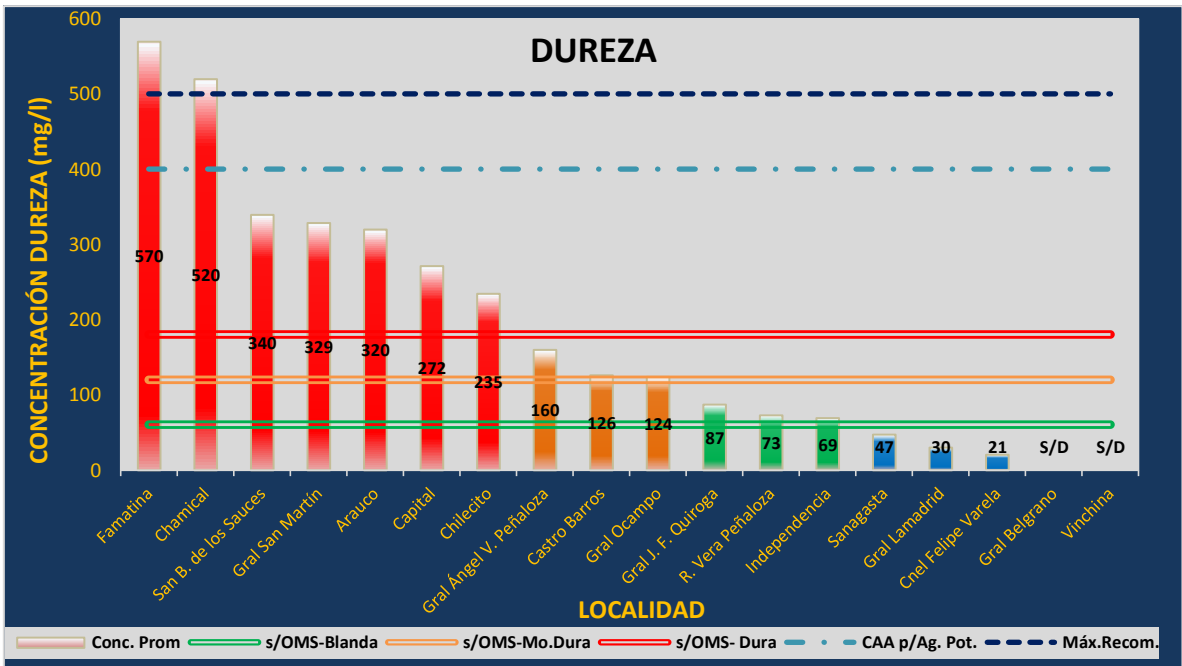


Gráfico 1. Comportamiento de Dureza: Valores Medios por departamento.

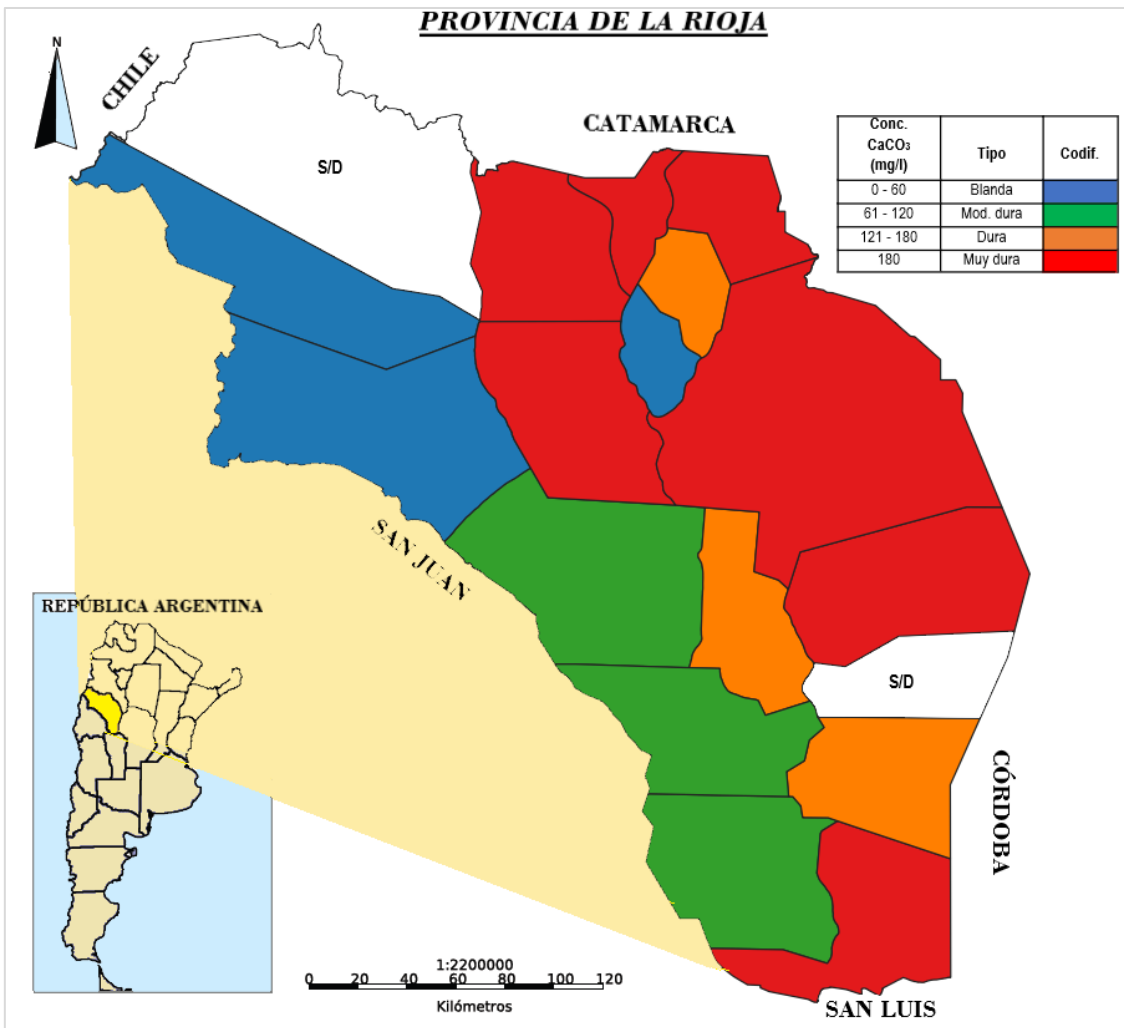


Imagen 1. Mapeo del comportamiento de Dureza por Departamento.

Resultados y Discusión

El agua con una dureza mayor que aproximadamente 200 mg/l, en función de la interacción de otros factores, como el pH y la alcalinidad, puede provocar la formación de incrustaciones en las instalaciones de tratamiento, el sistema de distribución, y las tuberías y depósitos de los edificios. Dando lugar al consumo excesivo de jabón y a la consiguiente formación de espuma. Las aguas duras, al calentarlas, forman precipitados de carbonato cálcico. Entre las principales problemáticas asociadas a la dureza elevada se destacan la precipitación en tuberías, accesorios y equipos, la precipitación en resistencias eléctricas, aumento de consumo energético debido al aislamiento ocasionado, el mayor consumo de jabón y productos químicos, la reducción de la vida útil de los electrodomésticos y mayor necesidad de mantenimiento.

Por otra parte, las aguas blandas, con una dureza menor que 100 mg/l, pueden tener una capacidad de amortiguación del pH baja y ser, por tanto, más corrosivas para las tuberías. La corrosión afecta los procesos microbiológicos, con el favorecimiento de películas bacterianas en la tubería. Además, se caracteriza por la solubilización parcial de los materiales del sistema, incluidas las tuberías, tanques de almacenamiento, válvulas y bombas, lo cual puede llevar al colapso estructural por medio de fugas, pérdida de capacidad y deterioro de la calidad química y microbiológica del agua.

El rango en que se dan los parámetros determinados, según los valores máximos de concentraciones es de 39 – 1548 mg/l; y de 21 – 570 mg/l en los valores medios. Si se toma el total de los protocolos de análisis fisicoquímicos analizados en toda la provincia, se tiene que el 20% presentan resultados inferiores a 60 mg/l, lo cual las clasifica como aguas blandas. El 14% entre 61 y 120 mg/l, se clasifican como moderadamente duras. El 16% entre 121 y 180 mg/l, se clasifican como duras. Y el 49% con más de 180 mg/l, se clasifican como muy duras. Además, si se refiere a agua potable según lo recomendado por el CAA solo el 18% se encuentra por encima del valor de 400 mg/l y solo un 13% por encima si se toma la normativa provincial.

Si se coteja el valor promedio de la dureza por departamento se tiene que el 19% de los departamentos se clasifican como con aguas blandas; el 19% de los departamentos se clasifican como con aguas moderadamente duras; el 19% de los departamentos se clasifican como con aguas duras y el 44% de los departamentos se clasifican como con aguas muy duras.

Conclusiones

El grado de dureza del agua es determinado por la OMS como factor de rechazo para la ingesta del agua. Sin embargo, desde el punto de vista de la operación del abastecimiento interesa evaluar si presenta condiciones corrosivas e incrustantes.

El sarro genera pérdidas económicas porque obstruye y deteriora cañerías, y cualquier otro sistema o electrodoméstico que utilice agua caliente y mancha y dificulta la limpieza.

El porcentaje de las aguas con valores de concentraciones, en el que la dureza puede causar inconvenientes en la operación resultan: aguas muy duras con potenciales problemas de incrustaciones es del 49% de los análisis; y aguas blandas con potenciales problemas de corrosiones es del 20% de los análisis.

En términos generales, es bajo el porcentaje de las aguas utilizadas para consumo humano que superan el valor límite de 400mg/l dado por el CAA, y el de la normativa provincial.

No obstante, sería recomendable realizar estudios epidemiológicos para evaluar la existencia de relación entre los contenidos de CaCO_3 , y algunos problemas de salud.

Referencias

- ARBOLEDA VALENCIA, J. (2000) - "Teoría y Práctica de la Purificación del Agua" Editorial MC Graw Hill – Interamericana, 3ª Edición.
- CÓDIGO ALIMENTARIO ARGENTINO (CAA) Actualizado (2012) - Artículo 982, Agua Potable. Capítulo XII, Bebidas hídricas, agua y agua gasificada.
- DEGREMONT (1979) - "Manual Técnico del Agua". Cuarta edición.
- 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.
- ENOHSA (2001) - "Guías para la Presentación de Proyectos de agua potable" – Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento.
- 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).
- JENKINS, D.; SNOEYINK, V.; FERGUSON, J.; LECKIE, J. (1997) – "Química del Agua Manual de Laboratorio". Editorial Limusa.
- LEY PROVINCIAL Nº 6.281/96. (1996) - Marco Regulador del Servicio de Agua Potable y Desagües Cloacales en la Provincia de La Rioja y sus modificatorias Leyes Nº6.308/97; Nº6.349/97 y Nº7.173/01.
- MUNUCE, Ana. C.; DÍAZ, Esteban. O. (2018) - *Apuntes Seminario Tratamientos de Agua. Especialización y Maestría en Ingeniería Ambiental*. UTN-FRLR.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS) (2013) "Guías para la calidad del agua potable. Vol. 1: Recomendaciones. Tercera edición.
- Páginas Web: <http://www.edutecne.utn.edu.ar> ; <http://www.ingenieroambiental.com>
- SOLÍS-CASTRO, Y; ZÚÑIGA-ZÚÑIGA, L; MORA-ALVARADO, D. (2018) - "La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica". Tecnología en Marcha. Vol. 31-1.
- STEEL Y MCGHEE (1992) - "Abastecimiento de Agua y Alcantarillado" - Gustavo Gili S.A.