



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE  
**CIENCIAS  
AGRARIAS**

# **CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE RED EN LA ZONA DEL GRAN MENDOZA PARA USO ESPECIFICO DE PROCESO INDUSTRIAL**



**Autor: MICHELETTI, Agostina Ariadna**

**Grado por el que se opta: LICENCIATURA EN BROMATOLOGÍA**

**Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Cuyo**

**Mendoza – 2025**

# CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE RED EN LA ZONA DEL GRAN MENDOZA PARA USO ESPECIFICO DE PROCESO INDUSTRIAL



**Tesista:** MICHELETTI, Agostina Ariadna

**E-mail:** amicheletti@fca.uncu.edu.ar

**Directora:** Dra. Lic. Claudia Amadio

**Co- directora:** Lic.Brom. Analía Ester VALDES

**Comité evaluador:**

**Presidente:** Esp. Lic. Brom. Sandra RODRIGUEZ

**Vocales:** Dra. Lic. Brom. Daniela LOCATELLI

Lic. en Brom. Alicia STOCCO

**Suplente:** MSc. Ing.Agr. Matías VENIER

## RESUMEN

En la industria, el agua es uno de los recursos más utilizados en una amplia variedad de procesos, como calentamiento, enfriamiento, elaboración, limpieza, protección contra incendios, entre otros. El agua de red destinada al uso industrial debe cumplir con los parámetros de potabilidad establecidos por el Código Alimentario Argentino (CAA). Sin embargo, muchas industrias requieren tratamientos adicionales específicos, en función de la naturaleza de sus actividades. El tipo y grado de tratamiento del agua dependen del uso final que se le dará. Entre las operaciones más comunes se encuentran la filtración para eliminar sedimentos, tratamiento para reducir la dureza, aplicación de sistemas microbicidas y eliminación de sustancias corrosivas. En Argentina, los parámetros para agua potable se encuentran establecidos por la ley 18284 del CAA y específicamente en Mendoza en la resolución N° 35/96 Ente Provincial de Agua y Saneamiento (EPAS). En Mendoza, el Departamento General de Irrigación (DGI), dota de agua a “operadores” que son prestadores de servicios de agua potable. Estas empresas reciben el agua cruda que ellos potabilizan y luego la distribuyen a través de redes de abastecimiento. Específicamente, en la del oasis norte, el agua proviene del Río Mendoza y dependiendo del Departamento existen distintas plantas (operadores). El tratamiento del agua es importante para el uso industrial, siendo necesario conocer sus propiedades físicas, químicas y las sustancias que tenga disueltas o suspendidas. Según lo expuesto, en esta tesis se propone caracterizar el agua para uso específico de proceso industrial en los departamentos del gran Mendoza y comparar la calidad del agua entregada por los distintos operadores. Las zonas de estudio fueron los departamentos de Lujan de Cuyo, Guaymallén, Godoy cruz, Las Heras, Maipú y Ciudad, en los cuales se fijan 3 puntos de muestreo por zona. El muestreo se realizó en el mes de julio de 2024 cuando el contenido de sales en el agua se encuentra más concentrado, debido a la época invernal, tomando tres muestras de agua de diferentes industrias, en envase de plástico acondicionados adecuadamente. Las botellas se trasladaron al laboratorio refrigeradas, etiquetadas con fecha y hora de la toma de muestra. In situ se evaluó el cloro libre mediante kit colorimétrico. Una vez recepcionadas las muestras en el laboratorio, se realizó una caracterización fisicoquímica de rutina, utilizando los métodos del “*Standard Methods*”. Los resultados se evaluaron mediante un análisis estadístico de la varianza (ADEVA) y se realizó una prueba de *Tukey*, para determinar si existen diferencias significativas entre las industrias, utilizando el software estadístico Infostat®. Al comparar con la legislación vigente, CAA, y resolución N° 35/96 del EPAS, podemos concluir que el agua potable de red, utilizada por las diversas industrias del Gran Mendoza, presenta una calidad fisicoquímica característica de la región. Además, observamos que, dependiendo del parámetro analizado, pueden existir diferencias estadísticamente significativas, considerando un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ . Teniendo en cuenta la conductividad, sólidos disueltos totales, pH, dureza, sodio, cloruros, sulfatos y cloro libre residual, podemos decir que existen diferencias significativas entre estas variables en las distintas industrias evaluadas. En cambio, en lo que respecta a alcalinidad, hierro y nitritos, no se observan diferencias significativas para un  $\alpha = 0.05$  en las aguas de red analizadas en esta tesis.

## PALABRAS CLAVE

*agua potable, calidad fisicoquímica, procesos industriales.*

## ABSTRAC

In industry, water is one of the most widely used resources in a wide variety of processes, such as heating, cooling, manufacturing, cleaning, fire protection, among others. Water from the mains supply intended for industrial use must comply with the potability parameters established by the Argentine Food Code (CAA). However, many industries require additional specific treatments, depending on the nature of their activities. The type and degree of water treatment depend on its end use. Among the most common operations are filtration to remove sediments, treatment to reduce hardness, application of microbicidal systems, and removal of corrosive substances. In Argentina, the parameters for drinking water are established by Law 18284 of the CAA and specifically in Mendoza in Resolution No. 35/96 of the Provincial Water and Sanitation Agency (EPAS). In Mendoza, the General Irrigation Department (DGI) supplies water to “operators” who are drinking water service providers. These companies receive raw water, which they purify and then distribute through supply networks. Specifically, in the northern oasis, the water comes from the Mendoza River, and depending on the department, there are different plants (operators). Water treatment is important for industrial use, and it is necessary to know its physical and chemical properties and the substances it has dissolved or suspended in it. Based on the above, this thesis proposes to characterize water for specific industrial process use in the departments of Greater Mendoza and compare the quality of water delivered by different operators. The study areas were the departments of Lujan de Cuyo, Guaymallén, Godoy Cruz, Las Heras, Maipú, and Ciudad, in which three sampling points were established per area. Sampling was carried out in July 2024, when the salt content in the water is most concentrated due to the winter season, taking three water samples from different industries in appropriately conditioned plastic containers. The bottles were transported to the laboratory refrigerated and labeled with the date and time of sampling. Free chlorine was evaluated in situ using a colorimetric kit. Once the samples were received in the laboratory, a routine physicochemical characterization was performed using the “Standard Methods” methods. The results were evaluated using a statistical analysis of variance (ADEVA) and a Tukey test was performed to determine if there were significant differences between industries, using the statistical software Infostat<sup>®</sup>. When compared with current legislation, CAA, and EPAS Resolution No. 35/96, we can conclude that the drinking water used by various industries in Greater Mendoza has a physical-chemical quality characteristic of the region. In addition, we observed that, depending on the parameter analyzed, there may be statistically significant differences, considering a significance level of  $\alpha = 0.05$ . Taking into account conductivity, total dissolved solids, pH, hardness, sodium, chlorides, sulfates, and free residual chlorine, we can say that there are significant differences between these variables in the different industries evaluated. However, with regard to alkalinity, iron, and nitrites, no significant differences are observed for an  $\alpha = 0.05$  in the tap water analyzed in this thesis.

## KEYWORDS

drinking water, physical-chemical quality, industrial processes.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, por darme fuerza para luchar para lograr este objetivo, por el apoyo incondicional que me brindaron a lo largo de toda mi carrera y mis proyectos.

A la Ing.Agr.(M. Sc.) Adriana Inés Bermejillo, la Dra. Lic. Claudia Amadio y la Lic. Analía Valdés quienes me brindaron su tiempo su amistad y sabiduría, su apoyo fue fundamental en la culminación de la investigación.

A la Cátedra de Química Agrícola por permitirme utilizar sus instalaciones, equipos e insumos y a todos mis compañeros por ayudarme incondicionalmente en la ejecución de los análisis redacción y todo lo que realizar esta tesis me implicó.

Quiero agradecer especialmente a mi compañera y amiga Antonella Porta por su ayuda incondicional, fundamental para poder cerrar esta etapa.

A todas aquellas personas que en alguna forma participaron en mis estudios y me enseñaron con su ejemplo y cariño.

## ÍNDICE

Introducción.....	8
<b>CAPITULO 1: ANTECEDENTES.....</b>	<b>10</b>
1.1 AGUA EN EL MUNDO.....	11
1.2 AGUA EN LA ARGENTINA.....	13
1.3 AGUA EN MENDOZA.....	14
1.4 USOS DEL RECURSO AGUA.....	17
1.5 PARAMETROS FISICO QUÍMICOS EN EL AGUA DE USO INDUSTRIAL.....	18
<b>CAPITULO 2: HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....</b>	<b>23</b>
2.1 HIPÓTESIS.....	24
2.2 OBJETIVOS GENERALES Y PARTICULARES.....	24
<b>CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
3.1 ENSAYO.....	26
3.1.1 Descripción del ensayo.....	26
3.1.2 Zona de estudio.....	26
3.1.3 Toma de muestra.....	26
3.2 EVALUACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL AGUA.....	27
<b>CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>35</b>
4.1. RESULTADOS y DISCUSIÓN.....	36
4.1.1 Conductividad y Sólidos Disueltos Totales.....	36
4.1.2 pH.....	37
4.1.3 Dureza.....	38
4.1.4 Sodio.....	39
4.1.5 Potasio.....	39
4.1.6. Alcalinidad. (Carbonatos y bicarbonatos).....	40
4.1.7 Cloruros.....	41
4.1.8 Sulfatos.....	42
4.1.9 Nitrito.....	42
4.1.10 Cloro Libre Residual.....	43
4.1.11 Hierro.....	44
<b>CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES.....</b>	<b>45</b>
5.1 CONCLUSIONES.....	46
5.2 RECOMENDACIONES.....	46
<b>CAPÍTULO 6 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>47</b>
<b>CAPÍTULO 7 ANEXOS.....</b>	<b>50</b>

ANEXO 1. CAPÍTULO XII, BEBIDAS HÍDRICAS, AGUA Y AGUA GASIFICADA AGUA POTABLE- CAA .....	51
ANEXO 2. RESOLUCION N° 35/96 ENTE PROVINCIAL DEL AGUA Y SANEAMIENTO.....	54
ANEXO 3. TABLA DE OPERADORES DE AGUA POTABLE.....	57
ANEXO 4 RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUA.....	59

# INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN

En la industria de los alimentos, el agua es uno de los recursos más utilizados en diferentes procesos tales como: calentamiento, enfriamiento, elaboración, limpieza, control de fuego, etc. El tipo y grado de tratamiento del agua en las distintas aplicaciones depende del uso final. Entre las operaciones más comunes dentro de una empresa industrial se encuentran: filtración para eliminar sedimentos, tratamientos para eliminar dureza, diferentes sistemas microbicidas, eliminación de sustancias corrosivas, etc. El tratamiento impropio del agua para uso industrial puede causar problemas como la corrosión, formación de incrustaciones, reducción de transferencia de calor, reducción del flujo de agua y contaminación de productos. Estos efectos pueden causar, disminución de la productividad de los equipos, fallas en los mismos, incremento de los costos energéticos, aumento de los costos por bombeo del agua y hasta un deterioro del producto (Manahams, 2007).

Se denomina agua potable (del latín “*potus*”, bebida, “*potabilis*”, bebible, “*potare*”, beber) al agua "bebible" en el sentido que puede ser consumida por las personas sin riesgo de contraer enfermedades. (Definición según Aguas y Saneamientos Mendoza. AYSAM) Las características más conocidas por el común de las personas son que el agua debe ser límpida, inodora, incolora e insípida. Aunque también es importante conocer la salinidad, alcalinidad y cantidad de elementos metálicos presentes, los cuales no deben superar los límites máximos establecidos en las leyes Nacionales ni Provinciales. En cuanto a sus características microbiológicas debe ser apta según normativas vigentes.

En Argentina, los parámetros para agua potable utilizada por las industrias se encuentran reglamentados en la ley 18284 del Código Alimentario Argentino (CAA) y específicamente, en Mendoza, en la resolución N° 35/96 del Ente Provincial de Agua y Saneamiento (EPAS), que actualmente se conoce como Dirección General de Irrigación (DGI) por medio de la Dirección de Regulación y Control de Agua y Saneamiento (DIRCAS), quien finalmente realiza la función de controlar que se cumpla con la mencionada resolución. (Anexo 1 y anexo 2).

En Mendoza, la DGI dota de agua a “operadores” que son prestadores de servicios de agua potable. Estas empresas reciben el agua cruda que ellos potabilizan y luego la distribuyen a través de redes de abastecimiento. Específicamente en el oasis norte, el agua proviene del Río Mendoza y dependiendo del Departamento existen distintas plantas u operadores como se detallan en el anexo 3. La empresa estatal más grande, responsable de realizar el proceso de potabilización del agua en Mendoza es Agua y Saneamiento Mendoza (AySAM). También prestan este servicio algunos municipios y cooperativas.

Según lo expuesto, el tratamiento del agua para uso industrial es un objetivo importante, para lo cual se deben conocer sus propiedades físicoquímicas y las sustancias que tenga disueltas o suspendidas. Es por eso que en esta tesis se propone caracterizar el agua para uso específico de proceso industrial en los departamentos del gran Mendoza y comparar la calidad del agua entregada por los distintos operadores.

# CAPITULO 1: ANTECEDENTES

## CAPITULO 1: ANTECEDENTES

### 1.1 AGUA EN EL MUNDO

Aproximadamente el 70% de la superficie terrestre está cubierta por agua. De esta cantidad, cerca del 97,5% corresponde a agua salada presente en océanos y mares, la cual no es apta para el consumo humano sin procesos de desalinización que, aunque técnicamente posibles, suelen ser costosos y poco viables en muchas regiones (Fundación Aquae, s.f.).

El restante 2,5% es agua dulce, esencial para el consumo humano, agricultura y otros usos. Sin embargo, su distribución es desigual:

- **70%** se encuentra en forma de hielo en glaciares y casquetes polares.
- **Casi 30 %** está almacenada en acuíferos subterráneos.
- **Menos de 1%** se halla en ríos, lagos y humedales.

Esto implica que menos del 1% del agua dulce está fácilmente disponible para el uso humano, según Centro Virtual de Información del agua (Figura 1)



**Figura 1:** Agua en el Mundo (Fuente: Centro Virtual de Información del agua, 2017)

En el año 2025, la población mundial ha alcanzado aproximadamente los 8.2 mil millones de personas (Worldometer, 2025). De esta cifra, más de 2.2 mil millones carecen de acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura (UNESCO, 2024). Además, alrededor de 4 mil millones de personas experimentan escasez severa de agua durante al menos un mes al año (UNICEF, 2025).

Kofi Annan, ex secretario general de las Naciones Unidas, afirmó que "el acceso a agua apta para el consumo es una necesidad humana fundamental y, en consecuencia, un derecho humano básico" (citado en UNESCO, 2023). Esta declaración resalta la importancia crítica del agua en la vida humana y la necesidad de garantizar su disponibilidad para todos.

Se estima que actualmente se consume alrededor del 54% del agua dulce disponible en el planeta. Según proyecciones de la UNESCO, para mediados del siglo XXI, la demanda global de agua aumentará en un 55%, impulsada principalmente por el crecimiento de la demanda en las ciudades y la industria. Este incremento podría llevar las reservas hídricas del planeta al límite, exacerbando los desafíos relacionados con el acceso al agua y generando, potencialmente, conflictos por este recurso vital (UNESCO, 2023).

La gestión preventiva es fundamental para garantizar la seguridad del agua destinada al consumo humano. Este enfoque debe considerar todas las etapas del sistema de abastecimiento, desde la captación en la cuenca hasta la distribución y uso final por parte de los consumidores.

El consumo doméstico de agua por habitante se refiere a la cantidad de agua utilizada diariamente para necesidades como bebida, higiene, limpieza y riego, expresado en litros por habitante por día (L/hab/día). Este indicador refleja no solo el uso real del recurso, sino también el nivel de desarrollo económico y social de una comunidad. La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que el consumo mínimo necesario para satisfacer las necesidades básicas de bebida, higiene y cocina es de 50 litros por persona al día. Sin embargo, para garantizar una cobertura adecuada que incluya usos agrícolas, industriales y la preservación de ecosistemas, se recomienda un mínimo de 100 litros diarios por persona (OMS, 2020).

El uso del agua dulce varía significativamente entre regiones y países. A nivel global, aproximadamente el 70% de las extracciones de agua dulce se destinan a la agricultura, el 20% a la industria y el 10% al consumo doméstico (UNESCO, 2024).

Desde comienzos del siglo XX, la población mundial se ha duplicado, pero el uso del agua se ha sextuplicado, impulsado por el crecimiento industrial y la expansión agrícola. Este aumento en la demanda, subraya la necesidad urgente de implementar políticas de gestión sostenible del agua a nivel global (UNESCO, 2024).

Aunque la cantidad total de agua en la Tierra ha permanecido relativamente constante durante milenios, la disponibilidad de agua dulce para el consumo humano se ha visto significativamente afectada por factores como la sobreexplotación, la contaminación y los efectos del cambio climático. Según el Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de 2024, publicado por la UNESCO en nombre de ONU-Agua, aproximadamente la mitad de la población mundial experimenta escasez severa de agua durante al menos una parte del año, y una cuarta parte enfrenta niveles extremadamente elevados de estrés hídrico, utilizando más del 80% de su suministro total anual de agua potable renovable.

Más allá del crecimiento poblacional, la demanda de agua dulce ha aumentado considerablemente debido al desarrollo industrial, la expansión de la agricultura de regadío, la urbanización masiva y el incremento en los niveles de vida. Se prevé que, de continuar las tendencias actuales, para el año 2030 el 40% de las necesidades mundiales de agua no estarán cubiertas, lo que representa un déficit significativo en el suministro global.

Además, el uso del agua ha venido aumentando aproximadamente un 1% anual durante los últimos 40 años y se espera que esta tendencia continúe en el futuro, impulsada por la creciente demanda en todos los sectores de la sociedad.

De acuerdo con la composición de diferentes parámetros el agua puede ser utilizada para: uso doméstico, uso industrial, limpieza, análisis y para aplicaciones particulares (biológicas o médicas).

## 1.2 AGUA EN LA ARGENTINA.

Argentina, ubicada en el extremo sur de América del Sur, posee una notable diversidad ambiental, evidenciada en sus extensas costas atlánticas, cordilleras, llanuras y cuencas hídricas de gran potencial. Esta variedad se traduce en una importante heterogeneidad climática y ecológica, con más del 70% del territorio nacional bajo condiciones áridas o semiáridas (Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica, 2022).

La disponibilidad promedio de agua dulce en Argentina es alta a escala nacional, estimándose en más de 22.500 m<sup>3</sup> por habitante por año. Sin embargo, esta cifra esconde marcadas desigualdades regionales. Mientras que algunas provincias del norte y centro-oeste se encuentran por debajo del umbral de estrés hídrico (1.700 m<sup>3</sup>/hab/año), otras regiones presentan excedentes significativos (FAO, 2021).

La variabilidad climática, influenciada por fenómenos como El Niño-Oscilación del Sur, genera una marcada irregularidad en los regímenes de lluvias, dando lugar a períodos alternantes de sequía e inundaciones. Esta situación se ve agravada por el cambio climático, que ha intensificado los eventos extremos en frecuencia e intensidad (Instituto Nacional del Agua, 2023).

En cuanto al uso del recurso, aproximadamente el 30% del agua extraída en el país proviene de fuentes subterráneas, siendo esencial para el abastecimiento en regiones áridas y semiáridas, especialmente en actividades agrícolas e industriales. Esta tendencia ha crecido en las últimas décadas ante la disminución de la calidad y disponibilidad de fuentes superficiales, sobre todo en zonas como el oeste de Catamarca, San Juan, La Rioja y Mendoza (INA, 2023).

Por otro lado, la sostenibilidad de las fuentes hídricas enfrenta amenazas crecientes. Las principales presiones provienen de la expansión urbana, el uso intensivo de agroquímicos, la deforestación y la actividad industrial. Estas prácticas han provocado la contaminación de cursos superficiales y acuíferos, especialmente en áreas densamente pobladas o de alto valor agrícola, como el cordón industrial del Paraná-Río de la Plata, los oasis de Mendoza y varios lagos turísticos (INA, 2023; FAO, 2021).

A pesar de la considerable disponibilidad de agua dulce en Argentina, persisten notables desbalances entre la demanda y la oferta efectiva en distintas regiones del país. En zonas áridas y semiáridas, la escasez de agua y la alta variabilidad estacional imponen serias restricciones al desarrollo agrícola, aun cuando las condiciones edáficas y climáticas serían favorables. En contraste, las regiones húmedas y subhúmedas, donde es posible practicar tanto agricultura de secano como con riego suplementario, enfrentan crecientes desafíos asociados a la contaminación del agua, lo cual restringe su disponibilidad y calidad. Estas zonas coinciden con los principales núcleos urbanos e industriales del país, lo que agrava aún más la presión sobre los recursos hídricos (Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica, 2022; FAO, 2021).

En cuanto a la normativa vigente relacionada con el agua destinada al consumo humano, en Argentina los parámetros de calidad están establecidos por la Ley N.º 18284, que conforma el CAA. Dentro de este marco legal, el Capítulo XXI, artículo 982, determina los límites máximos permisibles de diversas sustancias químicas en el agua potable, como puede verse en el Anexo 1. Esta regulación es administrada por la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT), con el objetivo de garantizar la inocuidad del agua y proteger la salud pública frente a contaminantes potencialmente tóxicos (ANMAT, 2023).

Cabe destacar que, en el contexto del federalismo argentino, cada provincia posee autonomía para establecer su propia normativa y estructuras institucionales responsables de los servicios de agua potable y saneamiento. Esta descentralización permite la adaptación de las políticas a las realidades locales, aunque también genera desafíos en cuanto a la coordinación y armonización normativa a nivel nacional.( INA,2023)

### **1.3 AGUA EN MENDOZA.**

En Mendoza, el agua de red, provista por operadores públicos como AYSAM, Aguas de Lujan, Operadores independientes, entre otros, se utiliza además, con fines industriales, representando un desafío tanto por la disponibilidad como por la calidad del recurso. Debido al carácter semiárido de la región, la oferta hídrica es limitada y altamente regulada. La creciente presión sobre los recursos hídricos, producto del cambio climático y el aumento de la demanda, ha generado la necesidad de optimizar su uso y recurrir a fuentes alternativas como aguas subterráneas o reutilización de efluentes tratados. La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece, para zonas con características climatológicas y geográficas como Mendoza, un consumo diario por persona de 250 litros. En nuestra provincia se supera ampliamente, registrándose en época estival un consumo de 500 a 700 litros por persona por día.

La administración del recurso hídrico en la provincia de Mendoza ha sido clave para su desarrollo económico y social, particularmente por tratarse de una región árida donde las precipitaciones anuales apenas alcanzan un promedio de 200 milímetros (DGI, 2023). Esta realidad climática impulsó la construcción de sistemas de riego, embalses y diques derivadores, estructuras fundamentales que permiten captar y distribuir el agua de los ríos de forma ordenada a través de canales y acequias. Estas obras garantizan la disponibilidad de agua durante todo el año, tanto para el consumo humano como para actividades productivas, industriales y agrícolas, incluso en períodos de baja oferta hídrica (Gobierno de Mendoza, 2022).

El DGI es el ente encargado de gestionar el uso equitativo y eficiente del agua, no solo para riego agrícola, sino también para abastecimiento poblacional, uso industrial, generación de energía y fines recreativos. Su acción técnica y normativa es fundamental para enfrentar los desafíos asociados a la escasez hídrica, promoviendo el uso racional del recurso y su sostenibilidad a largo plazo (DGI, 2023).

Tras la disolución del EPAS en el 2024, el DGI, que distribuye el agua en toda la provincia, asumió las facultades y creó una dirección específica DIRCAS.

Esa nueva estructura planteó un nuevo régimen normativo para los servicios de agua potable y cloacas en Mendoza y definió la transferencia de las funciones de regulación, defensa de los usuarios y control de las actividades de prestación de servicios al DGI.

A la gestión hídrica contribuyen también otros organismos, tanto públicos como privados, que participan en distintas etapas del ciclo del agua, desde el deshielo hasta su utilización final en consumo humano, riego o industria. Este trabajo conjunto es clave para asegurar el aprovechamiento sostenible del recurso.

En Mendoza, los oasis irrigados representan ecosistemas intensamente modificados por la actividad humana. Aunque abarcan apenas el 4 % del territorio provincial, en ellos se concentra el 98 % de la población y de la actividad socioeconómica. Su existencia se explica por la disponibilidad de agua derivada de los ríos, cuyo caudal depende en un 70 % del derretimiento de nieve en la Cordillera de los Andes (Departamento General de Irrigación, 2023).

Los principales ríos de la provincia, Mendoza, Tunuyán, Diamante y Atuel, se encuentran regulados mediante embalses multipropósito. Estos no solo permiten el almacenamiento estacional del agua para garantizar el riego y el abastecimiento, sino que también cumplen funciones vinculadas a la producción

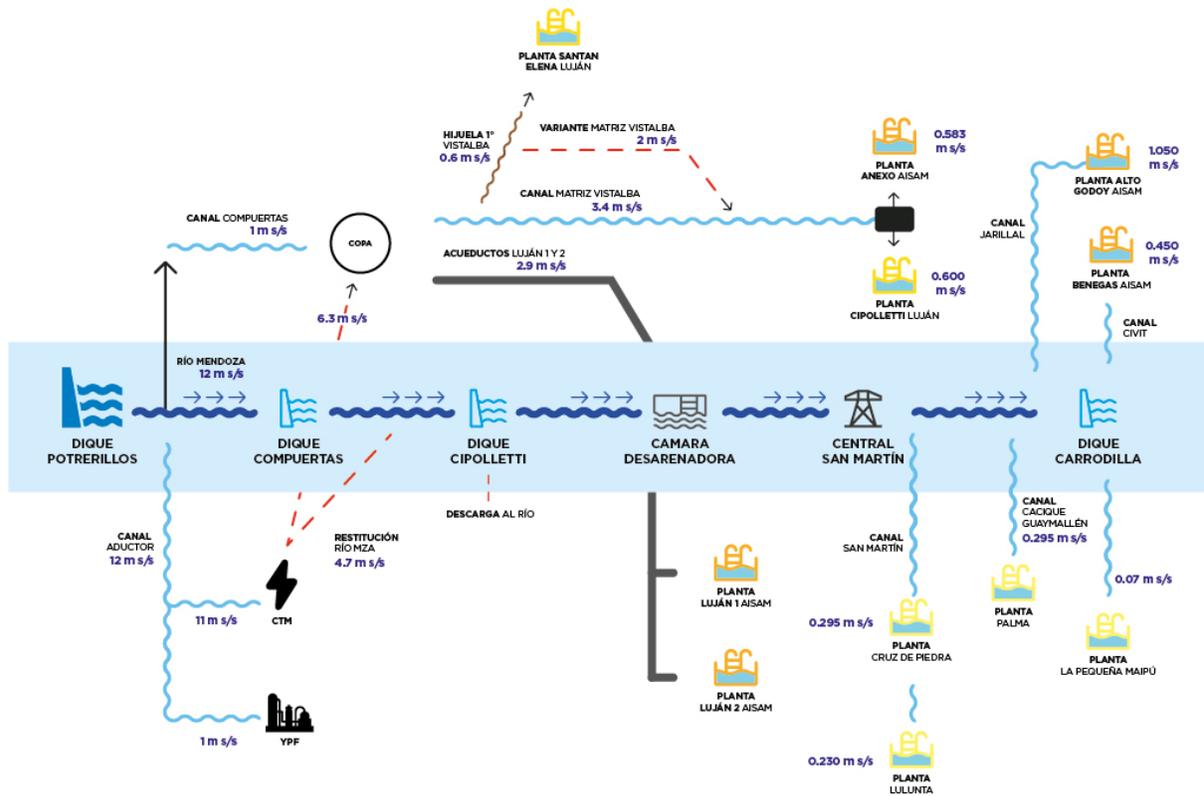
energética, el control de crecidas, el uso recreativo y la protección ecológica. Por ejemplo, en el caso del río Tunuyán, los embalses permiten compensar los déficits hídricos típicos del período primaveral, cuando la fusión nival aún no es suficiente para cubrir la demanda (Gobierno de Mendoza, 2023).

El DGI, es responsable de administrar el agua de los ríos y arroyos de la provincia de Mendoza, conduciéndola a través de canales de riego primarios para entregarla a las Inspecciones de Cauce. Estas entidades reciben el agua en bloque y la distribuyen entre los usuarios, es decir, las personas con derecho de riego que se abastecen mediante un mismo canal. El DGI y las Inspecciones de Cauce también entregan el agua a los operadores del servicio público de agua potable y saneamiento, siendo AYSAM S.A. el más importante en Mendoza. Otros operadores pueden ser municipios o cooperativas. Estos operadores reciben el agua cruda, la potabilizan y la distribuyen entre los usuarios del área correspondiente. (Ver anexo 3)

El oasis norte de la Provincia de Mendoza se abastece de dos ríos el Blanco y principalmente del Río Mendoza. (Pincolini, 2012). El sistema de distribución de agua cruda a las plantas potabilizadoras del río Mendoza se realiza a través de una red primaria y secundaria del DGI, comenzando en la Presa Potrerillos. El agua se conduce por canales y acueductos desde la toma hasta los presedimentadores, donde se retienen los sólidos sedimentables. Luego, el agua se desarena, floclula y sedimenta, para finalmente ser desinfectada antes de ingresar a la red de distribución de agua potable. (ver figura 2)

Según AYSAM, la empresa proporciona agua potable a una población de 1.267.089 habitantes. El consumo promedio de agua potable por habitante es de 487 litros por día. AYSAM cuenta con una capacidad de almacenamiento de 120.500 m<sup>3</sup> diarios, así como con 10 establecimientos potabilizadores y 136 perforaciones. El Canal Cacique Guaymallén, también suministra de agua a la Planta Potabilizadora Benegas, ubicada en Benegas, Godoy Cruz, la cual abastece a la mayor parte del Departamento y también a parte del Departamento de Guaymallén. Las Plantas Potabilizadoras Luján 1 y Luján 2 toman sus aguas del Río Mendoza a través del Dique Cipolletti, abasteciendo al Departamento Luján de Cuyo, parte de Maipú y parte de Las Heras.

Por otro lado, existen áreas críticas donde estos operadores principales no llegan y es por ello que existen Operadores Comunitarios (también llamados “pequeños operadores”), quienes se hacen cargo de prestar el servicio a sus vecinos. La mayoría de los operadores comunitarios que brindan el servicio de agua potable son vecinos organizados que gestionan todo lo relacionado con dicha prestación (Ver anexo 3)



**Figura 2:** Sistema de distribución de agua cruda a plantas potabilizadoras del río Mendoza (Fuente: Información propia del Departamento General de Irrigación).

El sistema de prestación del servicio de agua potable en Mendoza evidencia múltiples deficiencias estructurales que afectan directamente su disponibilidad y calidad, incluso para el sector industrial.

Se realizó una entrevista, anterior al cambio de gobierno en 2024, al Ing. Carlos Alberto Moreno, Jefe Área de Asuntos Técnicos de la Secretaría de Servicios Públicos EPAS. En dicha entrevista comentó: “Se debe tener en cuenta que muchas veces el caudal de agua no es suficiente para abastecer el consumo necesario tanto para las industrias como para el uso doméstico. Es por esto que existen diferentes pozos ubicados en zonas cercanas a estas plantas potabilizadoras que inyectan agua a la red de manera automática, sin previo tratamiento, cuando el caudal así lo requiere. Estos pozos son monitoreados constantemente por el EPAS junto a los pozos que poseen los pequeños operadores y así también las plantas potabilizadoras. En el caso de los pozos se les realiza lo que llamamos Análisis seriado, donde medimos la conductividad entre otros parámetros, a distintos tiempos, comenzando apenas se prende la bomba, a los 15, 30 segundos, 1;5;15;25;30;40;50 minutos hasta 1, 2 horas de prendida la misma dejando pasar el agua. Estas mediciones de los distintos parámetros nos dan una idea de cómo se encuentra el pozo, y si debemos realizarle algún mantenimiento o si el pozo ya está agotado y puede llegar a quedar en desuso, para la red de agua potable y pasar, siempre y cuando las condiciones sean las adecuadas para uso de riego agrícola”

Se realizan controles de calidad con frecuencia, en un sentido amplio, ya que en la mayoría de los casos son sólo controles de cloración. Es por esto que en esta tesis se trata de evaluar los parámetros fisicoquímicos principales que definen las aguas del gran Mendoza. Si bien las fuentes de donde se extrajeron las muestras son principalmente de los grandes operadores se evaluaron también de operadores independientes.

## 1.4 USOS DEL RECURSO AGUA.

Teniendo en cuenta que la calidad del agua se determina a partir de distintos parámetros físicoquímicos y biológicos los cuales reflejan la dinámica del ecosistema y su capacidad de autodepuración, el uso asignado al recurso varía según su destino: consumo humano, riego, actividades industriales, generación de energía o fines recreativos. Por lo tanto, el concepto de calidad es relativo al uso que se le dará al agua.

Cuando el agua recibe vertidos artificiales que introducen sustancias extrañas o en cantidades superiores a las condiciones naturales, se produce contaminación. Esta se define como cualquier alteración, reversible o irreversible, del ambiente, provocada por la incorporación de sustancias o energías ajenas al medio. La contaminación se reconoce cuando la calidad del agua se ve comprometida y ya no es apta para los usos establecidos.

En la provincia de Mendoza, el Reglamento General para el Control de la Contaminación Hídrica (Resolución N.º 778/96 HTA-DGI) establece que se considera contaminación cualquier acción que altere las cualidades del agua, afectando su uso asignado o el entorno ambiental. La Ley de Aguas N.º 1884 define cinco usos principales del recurso hídrico proveniente de los ríos de montaña en Mendoza: Agua de riego, agua potable, control de inundaciones y mitigación de sequías, producción de energía hidroeléctrica y navegación fluvial.

El tratamiento del agua industrial varía según su aplicación final. Puede incluir filtración para remover sedimentos, reducción de dureza, tratamientos microbicidas y eliminación de sustancias corrosivas, entre otros procedimientos, con el fin de asegurar la calidad adecuada para cada uso específico.

En Mendoza, industrias alimentarias como bodegas y conserveras utilizan el agua en diversas etapas del proceso productivo: limpieza de maquinaria y espacios, lavado de botellas y envases, frutas, y en procesos de esterilización e higienización. Estas actividades generan grandes volúmenes de efluentes cargados con materia orgánica, detergentes, sales y químicos, lo que degrada la calidad del agua.

Debido a esta contaminación, los efluentes industriales no pueden ser vertidos directamente en cauces, arroyos o suelos sin tratamiento previo. Por ello, es obligatorio que las industrias cuenten con plantas de tratamiento y personal especializado, que permitan reducir la carga contaminante, neutralizar la acidez y aumentar el oxígeno disuelto.

En términos de consumo, las industrias alimenticias de Mendoza utilizan alrededor de 19,65 hectómetros cúbicos (hm<sup>3</sup>) de agua por año. Con una gestión eficiente, este uso podría reducirse hasta 7,11 hm<sup>3</sup>, lo que representaría una disminución del 64% en el consumo anual estimado (Duek, A, 2016).

Las bodegas y olivícolas, al tratarse de industrias que requieren grandes volúmenes de agua, suelen contar con pozos propios, ya que el costo del agua proveniente de la red pública resulta elevado. No obstante, pueden recurrir al uso de agua de red para diversas tareas relacionadas con la elaboración, fraccionamiento o limpieza.

En el ámbito gastronómico, como en restaurantes, el agua es un recurso esencial, no solo como ingrediente de muchos alimentos y bebidas, sino también en los procesos de higiene. La efectividad de los productos utilizados para la limpieza y desinfección depende, en gran medida, de la dureza del agua con la que se diluyen o emplean. Por esta razón, es fundamental conocer los parámetros físicoquímicos del agua disponible, en especial su dureza, para optimizar el uso y garantizar resultados más eficientes.

En la industria de panificados, el agua es una de las materias primas más importantes, ya que su calidad y cantidad influyen directamente en el éxito del producto final. La proporción de agua determina la consistencia de la masa y, en consecuencia, la rentabilidad del pan. Además, debido a su facilidad para

calentarse o enfriarse, el agua permite regular la temperatura de la masa, favoreciendo un proceso uniforme tanto en verano como en invierno. La calidad del agua, especialmente su contenido mineral, impacta en las propiedades de la masa, ya que los minerales actúan como nutrientes para la levadura. Por lo tanto, variaciones en la concentración de estos minerales afectan el proceso de fermentación, y de manera indirecta, la textura y resistencia de la masa. El agua dura tiende a acelerar la fermentación, generando masas con exceso de fuerza, mientras que el agua blanda provoca una fermentación más lenta y masas más débiles. Ante esta situación, algunas panaderías han comenzado a implementar sistemas de tratamiento de agua, como la ósmosis inversa. Este proceso de hiperfiltración reduce el contenido mineral del agua y permite mantener una composición más equilibrada y constante, lo cual garantiza una mayor pureza y calidad en los productos elaborados.

En las industrias que utilizan calderas, el agua juega un papel crucial como materia prima para la generación de vapor. El agua debe ser tratada para eliminar impurezas que pueden causar corrosión, incrustaciones y contaminación en la caldera y sus componentes. El tratamiento de agua para calderas es esencial para garantizar la eficiencia y la vida útil de las calderas industriales. La selección del tratamiento adecuado depende de las características del agua y las especificaciones de la caldera.

Por ello, es fundamental trabajar en conjunto con los distintos organismos responsables para mejorar las tecnologías de potabilización que permitan reducir la dureza del agua. Esta mejora no solo responde a los potenciales efectos sobre la salud humana, sino también a las complicaciones que la alta dureza representa para la industria alimentaria, como la formación de depósitos e incrustaciones y la disminución en la eficacia de los detergentes, debido a la formación de espumas y precipitados. Además, la mayoría de los establecimientos industriales vierten sus efluentes en cauces de agua, generando problemas de contaminación que, en muchos casos, las plantas potabilizadoras y los sistemas públicos no logran remediar adecuadamente. Ante esta situación, el DGI ha implementado un sistema de monitoreo y control continuo, incluyendo mecanismos de contingencia para prevenir la contaminación. Como resultado, diversas industrias han comenzado a incorporar sistemas de tratamiento de efluentes antes del vertido, motivadas también por el riesgo de enfrentar severas sanciones económicas en caso de incumplimiento de los parámetros establecidos.

## 1.5 PARAMETROS FISICO QUÍMICOS EN EL AGUA DE USO INDUSTRIAL

Cuando hablamos de Sólidos Disueltos Totales (**SDT**) se refiere a la cantidad total de materia sólida disuelta en el agua, como minerales, metales, sales y contaminantes. Por un lado, en ámbito industrial en general, especialmente en sistemas de calderas, es fundamental controlar los niveles de SDT. El agua utilizada como agua de reposición debe someterse a un tratamiento previo, ya sea químico o físico, dependiendo del tipo de caldera, su presión de operación y el sistema de tratamiento integral. El tratamiento externo del agua permite reducir el uso de productos químicos y minimizar los costos operativos. A medida que el agua se evapora dentro de la caldera, los minerales disueltos y sólidos suspendidos permanecen y se concentran, lo que puede provocar la formación de espuma y arrastres en las líneas de vapor y válvulas. Para calderas de baja presión, se recomienda que los niveles de SDT no superen los 3500 mg/L. Una concentración inicial de 175 mg/L puede aumentar hasta 20 veces por los llamados “ciclos de concentración”. Para evitar estos excesos, es necesario realizar purgas periódicas, cuya frecuencia dependerá de la cantidad y calidad del agua de reposición. En calderas de mayor tamaño o criticidad, estas purgas deben ser automáticas o continuas para mantener los parámetros dentro de los límites aceptables. (Norma BS EN 12952-12:2003).

Otro parámetro importante en el control de calderas, es **la alcalinidad** del agua suministrada. Los niveles de alcalinidad cuando se tienen calderas de baja presión no deben exceder los 700 mg/L de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), según los requerimientos del agua de calderas por la Norma BS EN 12952-12:2003. La presencia de alcalinidad por encima de los 700 mg/L  $\text{CaCO}_3$  puede resultar en un rompimiento de los bicarbonatos produciendo carbonatos y liberando  $\text{CO}_2$  (dióxido de carbono) en el vapor. La presencia de  $\text{CO}_2$  en el vapor da como resultado un vapor altamente corrosivo, causando

daños por corrosión en las líneas de vapor y retorno de condensados. La concentración permitida en el interior de la caldera de y de alcalinidad va disminuyendo a medida que la capacidad de las calderas de presión se va incrementando. (Norma BS EN 12952-12:2003).

En la industria alimentaria, la alcalinidad del agua es un parámetro clave, ya que influye directamente en la eficacia de los procesos de limpieza, desinfección y tratamiento térmico. Una alcalinidad excesiva puede interferir con detergentes, formar incrustaciones en equipos y afectar el sabor o la estabilidad de los productos alimenticios. Por otro lado, una baja alcalinidad puede llevar a condiciones corrosivas, dañando tuberías y maquinarias. Controlar este parámetro es esencial para garantizar la seguridad alimentaria, proteger los equipos industriales y mantener la calidad del producto final. Por ello, cuando hablamos de la alcalinidad del agua, nos estamos refiriendo a su capacidad para neutralizar ácidos, lo que representa la suma de todas las bases titulables presentes. El valor obtenido en su medición puede variar significativamente dependiendo del pH del punto final utilizado durante el análisis. En muchas aguas superficiales, la alcalinidad se debe principalmente a la presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, por lo que su medición suele considerarse un indicador de la concentración de estos compuestos. No obstante, en algunos casos, también puede incluir la contribución de otras bases como boratos, fosfatos, silicatos, entre otras, cuando están presentes. (Norma BS EN 12952-12:2003).

Si hablamos de **dureza** en el agua para los sistemas industriales, una dureza superior a 200 mg/L expresada en carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) puede generar incrustaciones en equipos, tuberías, depósitos y sistemas de distribución, especialmente si se combinan con otros factores como el pH y la alcalinidad. Estas incrustaciones reducen la eficiencia de los procesos térmicos y mecánicos, aumentando los costos de mantenimiento y operación. Además, el agua dura reduce la eficacia de los detergentes, ya que reacciona con el jabón formando compuestos insolubles.

El calentamiento de aguas duras acelera la formación de precipitados de carbonato cálcico, lo que agrava los problemas de incrustaciones en sistemas como calderas, intercambiadores de calor y torres de enfriamiento.

Por otro lado, las aguas blandas, con una dureza inferior a 100 mg/L, expresada en  $\text{CaCO}_3$ , presentan baja capacidad amortiguadora del pH, lo que puede hacerlas más corrosivas para las instalaciones metálicas, provocando daños estructurales y pérdida de eficiencia operativa. Esta corrosividad también puede generar liberación de metales pesados desde las tuberías hacia el agua (OMS,2006).

Como consecuencia de todo lo anterior, la OMS clasifica la dureza del agua en función de la concentración de  $\text{CaCO}_3$  expresada en mg/L. Esta clasificación es útil para evaluar el impacto del agua en la vida doméstica e industrial, aunque, como señala la OMS, la dureza no representa un riesgo para la salud.

**Tabla 1:** Clasificación de la dureza del agua según la OMS.

Concentración de $\text{CaCO}_3$ mg/L	Tipo
0-60	Blanda
61-120	Moderadamente dura
121-180	Dura
> 180	Muy Dura

A nivel normativo en Argentina, el CAA establece un límite máximo de 400 mg/L de dureza para el agua de consumo, con el fin de prevenir problemas operativos y de aceptabilidad. En la provincia de Mendoza,

la resolución N° 35/96 del EPAS ha fijado un límite más alto, de hasta 500 mg/L, atendiendo a las características naturales de las fuentes hídricas locales.

El control de la alcalinidad y del contenido de calcio también contribuye a la estabilidad del agua y a controlar su capacidad corrosiva de tuberías. Si no se reduce al mínimo, la corrosión puede provocar la contaminación del agua de consumo y efectos adversos en su sabor y aspecto. En general, en la zona de Mendoza, es muy poco frecuente la presencia del anión carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) en las aguas, y de encontrarlo será en pequeñas concentraciones. Por su reacción alcalina colorea la fenolftaleína (indicador), y bastarán pocas gotas del ácido valorado para decolorarla. Posteriormente, en presencia del anaranjado de metilo como indicador, se valora el contenido del anión carbonato ácido ( $\text{HCO}_3^-$ ) hasta que se produzca el viraje de este indicador.

En procesos industriales, el **pH** es crucial ya que afecta la eficiencia de tratamientos como la clarificación y la desinfección. Para una desinfección efectiva con cloro, se recomienda mantener el pH por debajo de 8, aunque un pH demasiado bajo puede provocar corrosión. En sistemas de distribución, es fundamental regular el pH para minimizar la degradación de materiales. El valor óptimo suele encontrarse entre 6,5 y 8, aunque varía según la composición del agua y los materiales del sistema. En calderas, su control es esencial para evitar tanto la corrosión (pH bajo) como la formación de depósitos (pH alto).

Los **sulfatos** presentes en el agua industrial pueden provenir de residuos industriales, la atmósfera o fuentes naturales como aguas subterráneas. En el ámbito industrial, su presencia es relevante ya que, en concentraciones elevadas, pueden provocar efectos corrosivos en sistemas de distribución y equipos. Aunque no se ha establecido un valor límite, a partir del cual pueda tener efectos en la salud, se recomienda controlar los niveles de sulfato, especialmente cuando superan los 500 mg/L de sulfatos, debido a posibles problemas operativos y de sabor si el agua también se destina al consumo.

El **sodio** es un mineral presente de forma natural en el agua potable, aunque también puede llegar a ella debido a la contaminación producida por el hombre, o por el tratamiento con ablandadores de agua, la contaminación por aguas residuales. En concentraciones normales, el sodio no representa un riesgo para la salud de la mayoría de las personas. Sin embargo, para individuos con hipertensión, enfermedades cardíacas o renales, una ingesta elevada de sodio puede ser perjudicial.

El **potasio** en el agua para uso industrial generalmente no representa un riesgo significativo para la mayoría de los procesos.

El **cloruro** presente en el agua de consumo puede provenir de fuentes naturales, aguas residuales y vertidos industriales, escorrentía urbana con sal de deshielo, e intrusiones salinas. La fuente principal de exposición de las personas al cloruro es la adición de sal a los alimentos y la ingesta procedente de esta fuente, generalmente, excede en gran medida a la del agua de consumo. Las concentraciones de cloruro excesivas aumentan la velocidad de corrosión de los metales en los sistemas de distribución, aunque variará en función de la alcalinidad del agua, lo que puede hacer que aumente la concentración de metales en el agua. Además, en la industria, puede producir la corrosión del acero inoxidable, afectar reacciones químicas y generar depósitos en calderas, lo que reduce la eficiencia térmica y provoca daños estructurales.

Los **nitratos** en el agua, para uso industrial, pueden generar diversos problemas dependiendo del tipo de industria. Aunque no son corrosivos por sí mismos, en concentraciones elevadas pueden contribuir a procesos de corrosión bajo ciertas condiciones. En industrias alimentarias o farmacéuticas, su presencia debe controlarse estrictamente, ya que pueden afectar la calidad del producto final. También pueden favorecer el crecimiento de microorganismos si se combinan con materia orgánica, comprometiendo la inocuidad del sistema.

El **cloro** se produce en grandes cantidades y se utiliza habitualmente en el ámbito industrial y doméstico como un notable desinfectante y como lejía. En particular, se utiliza ampliamente para la desinfección de piscinas, además, de ser el desinfectante y oxidante más utilizado en el tratamiento del agua de consumo. El cloro reacciona con el agua formando ácido hipocloroso e hipocloritos. Está presente en la mayoría de las aguas de consumo desinfectadas, en concentraciones de 0,2-1 mg/L de cloro libre.

La cloración del agua se utiliza para destruir o desactivar microorganismos causantes de enfermedades. El tratamiento en agua potable mejora la calidad de esta por reacción del cloro con el amoníaco, hierro, manganeso, sulfuros y algunas sustancias orgánicas; sin embargo, también puede producir efectos adversos. El cloro molecular ( $\text{Cl}_2$ ), aplicado al agua, sufre diversas reacciones para producir cloro libre, que consisten en ácido hipocloroso ( $\text{HClO}$ ) e ion hipoclorito ( $\text{ClO}^-$ ). A su vez el cloro libre es capaz de reaccionar fácilmente con el amoníaco y ciertos compuestos de nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) formando cloro combinado produciendo monocloraminas, dicloroaminas y tricloruro de nitrógeno (compuestos potencialmente cancerígenos). La concentración y presencia de las especies de cloro libre y combinado depende de la temperatura, pH y tiempo de reacción. Tanto el cloro libre como el combinado pueden presentarse simultáneamente en el agua.

En lo que respecta la industria de los panificados, el cloro tiene un efecto muy importante en una masa, particularmente en la actividad de la fermentación. La levadura, siendo un microorganismo natural, es sensible al cloro; pues ha quedado demostrado con pruebas, que con 10 mg/L de cloro en el agua, se afecta el funcionamiento de la levadura en el amasado. Un alto nivel de cloro podría también alterar la función de algunos componentes de la harina, particularmente enzimas. Para ello son también eficientes algunos filtros, aminorando este efecto al mínimo.

La cloración puede producir efectos adversos. Se pueden intensificar el sabor y olor característico de los fenoles y otros compuestos orgánicos. Pueden formarse derivados organoclorados, potencialmente carcinógenos, como el cloroformo. El cloro combinado con el amoníaco o aminas afecta de forma adversa a algunas formas de vida acuática por la formación de cloraminas.

El **hierro** es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre. Está presente en aguas dulces naturales en concentraciones de 0,5 a 50 mg/L de hierro. También puede haber hierro en el agua de consumo debido a la corrosión de tuberías de acero o hierro colado durante la distribución del agua.

El hierro es un material usado con frecuencia en sistemas de distribución de agua, y su corrosión es problemática. Si bien es raro que se produzcan fallos estructurales como consecuencia de la corrosión del hierro, una corrosión excesiva de tuberías de hierro puede ocasionar problemas de calidad del agua (por ejemplo, su coloración de rojo). La corrosión del hierro es un proceso complejo que consiste en la oxidación del metal, normalmente por oxígeno disuelto, hasta formar un precipitado de hierro (III). Los principales factores de calidad del agua que determinan si el precipitado forma una costra protectora son el pH y la alcalinidad. Las concentraciones de calcio, cloruro y sulfato también influyen en la corrosión del hierro. Se ha logrado controlar con éxito la corrosión del hierro ajustando el pH en intervalo de 6,8 a 7,3, la dureza y la alcalinidad en al menos 40 mg/l (como carbonato de calcio), sobresaturando con 4 a 10 mg/L de carbonato cálcico y ajustando la proporción de alcalinidad a concentración de  $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$  en al menos 5 (ambos expresados como carbonato de calcio).

Los silicatos y polifosfatos se describen a menudo como «inhibidores de la corrosión», pero no hay garantía de que inhiban la corrosión en sistemas de distribución de agua. No obstante, pueden formar complejos con el hierro disuelto (en forma de hierro II) y evitar su precipitación en forma de «herrumbre» roja claramente visible. Estos compuestos posiblemente no previenen la corrosión, sino que enmascaran sus efectos. Un posible inhibidor de la corrosión es el ortofosfato y, como los polifosfatos, se utiliza para evitar que el agua se tiña de rojo.

De acuerdo con lo expuesto, el tratamiento del agua destinada al uso industrial constituye un objetivo fundamental. Para ello, es necesario conocer sus propiedades físicas y químicas, así como las sustancias disueltas o en suspensión que pueda contener. En este contexto, como mencionamos anteriormente, la presente tesis tiene como propósito caracterizar el agua de red utilizada en procesos industriales en los departamentos del Gran Mendoza y comparar la calidad del recurso suministrado por los distintos operadores del servicio.

# CAPITULO 2: HIPOTESIS Y OBJETIVOS

## **CAPITULO 2: HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### **2.1 HIPÓTESIS**

Las aguas utilizadas por distintas industrias del gran Mendoza poseen la misma composición fisicoquímica independientemente del operador que la suministre.

### **2.2 OBJETIVOS**

#### **2.2.1 Objetivos generales**

- Caracterizar fisicoquímicamente el agua de red que ingresa a diferentes industrias ubicadas en los departamentos de Godoy Cruz, Guaymallén, Luján, Maipú, Las Heras y Ciudad de Mendoza.

#### **2.2.2 Objetivos particulares**

- Comparar la composición fisicoquímica de las aguas de red del gran Mendoza suministrada por distintos operadores.
- Evaluar si los valores fisicoquímicos cumplen con la normativa oficial.

# CAPITULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

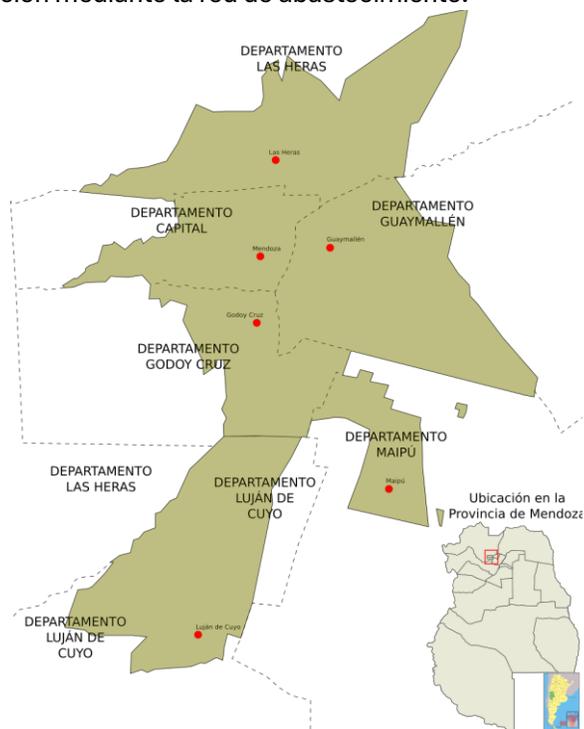
#### 3.1 ENSAYO

##### 3.1.1. Descripción del ensayo

En este capítulo se describe el enfoque metodológico adoptado para llevar a cabo la caracterización del agua de red en la zona del Gran Mendoza, poniendo énfasis en su aptitud para usos específicos en procesos industriales. Se detallan los procedimientos seguidos para la selección de las zonas de estudio, los criterios de muestreo, las técnicas de recolección y análisis de datos, así como los parámetros fisicoquímicos evaluados.

##### 3.1.2 Zona de estudio

El ensayo se desarrolló en el área del Gran Mendoza, comprendida por los departamentos de Luján de Cuyo, Guaymallén, Godoy Cruz, Las Heras, Maipú y Ciudad de Mendoza (Figura N°3). El recurso hídrico utilizado proviene del río Mendoza, que es sometido a procesos de potabilización en distintas plantas operadas, para su distribución mediante la red de abastecimiento.



**Figura 3:** Mapa de los departamentos de Mendoza (Fuente: Wikipedia contributors. 2025, Gran Mendoza)

Se abarcó la totalidad de los departamentos del Gran Mendoza para asegurar la representatividad de los distintos usos del agua de red.

##### 3.1.3 Toma de muestra.

Para llevar a cabo el estudio, se seleccionaron tres puntos de muestreo por departamento, representando diferentes tipos de industrias: panificadoras, elaboradoras de comidas preparadas, fábricas de agua envasada, restaurantes cafeterías, olivícolas y bodegas, entre otras. La **Tabla 2** detalla la identificación y georreferenciación de cada uno de los sitios de muestreo.

**Tabla 2:** Tabla de Muestreo. Identificación y georreferencias de las muestras.

ZONA	RUBRO	GEOREFERENCIAS	
<i>Luján de cuyo</i>	1 Bodega	33 02 21.4 S	68 87 26.5 W
	2 Fábrica Artesanal de Cerveza	32°55'31.7"S	68°49'46.6"W
	3 Destilados	33°02'09.8"S	68°57'58.7"W
<i>Godoy cruz</i>	1 Panificados	32°55'30.2"S	68°49'21.9"W
	2 Fábrica de agua envasada	32°94'14.0"S	68°82'15.4"W
	3 Carnicería	32°57'23.4"S	68°51'03.1"W
<i>Ciudad</i>	1 Restaurante Cafetería	32°53'26.0"S	68°50'25.3"W
	2 Supermercado	32°52'16.5"S	68°50'33.6"W
	3 Restaurante de Hotel	32°53'23.6"S	68°50'50.9"W
<i>Guaymallén</i>	1 Fábrica de pastas	32°54'32.7"S	68°49'59.4"W
	2 Panificados	32°53'24.3"S	68°49'24.1"W
	3 Comidas preparadas congeladas	32°53'32.9"S	68°49'37.6"W
<i>Las Heras</i>	1 Fábrica de Snack	32°51'18.0"S	68°51'58.5"W
	2 Restaurante Cafetería	32°82'34.7"S	68°79'88.5"W
	3 Depósitos supermercado	32°49'54.7"S	68°48'37.9"W
<i>Maipú</i>	1 Olivícola	33°01'58.4"S	68°46'10.4"W
	2 Bodega	32°57'45.5"S	68°47'03.6"W
	3 Olivícola	33°00'11.0"S	68°47'45.5"W

La toma de muestra se realizó por triplicado en cada uno de los puntos, en julio del año 2024, mes de menor caudal y mayor concentración de sales. La evaluación de los resultados fisicoquímicos se analizó mediante estadística inferencial.

Los pasos para la toma de muestras fueron los siguientes.

- **Recolección:** 3 L de agua tomada en envases plásticos limpios, enjuagados con el agua problema.
- **Desinfección:** Boca de los grifos limpiada con alcohol.
- **Prelavado** Se dejó correr el agua 5 min para eliminar sedimentos de las tuberías.
- **Etiquetado:** Fecha, hora, ubicación y tipo de establecimiento.
- **Transporte:** Refrigeración a 4 °C hasta su llegada al laboratorio
- **Mediciones in situ:** cloro libre con equipo portátil.

### 3.2 EVALUACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL AGUA.

La caracterización fisicoquímica de rutina se realizó en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencia Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo, registrando los datos en la planilla de resultados que se encuentra en el Anexo 4.

En el caso de aniones y cationes, la concentración se expresó en primer término en miliequivalentes gramo por litro ( $\text{meqL}^{-1}$ ), y en segundo término en miligramos por litro ( $\text{mgL}^{-1}$ ), es decir en ppm. La primera forma de expresión tiene la ventaja de ofrecer valores comparables entre sí por tratarse de unidades equivalentes, permitiendo de este modo una percepción rápida y objetiva de los valores, ya que la suma de cationes es comparable con la suma de aniones, dando también, en este caso, la pauta de la exactitud de los análisis, eliminando posibles dudas sin necesidad de efectuar repeticiones, salvo falta de coincidencia.



**Figura 4:** Muestras de Agua (fuente propia)

Todos los parámetros analizados, se realizaron utilizando el *Standard Method (SM)*, que es la metodología oficial para los análisis de agua. (Standard methods for the examination of water and wastewater (23.<sup>a</sup> ed.)

- **Conductividad Eléctrica (CE)** Método para la CE (20°C) \*SM 2510 a través de lectura directa con un conductímetro.

Se determinó la CE del agua, utilizando un conductímetro HANNA HI 8733 (Figura 5). El mismo se calibra con una solución estándar de conductividad conocida, de 1413  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , para este caso..



**Figura 5:** Medición de conductividad en el agua (fuente propia)

- **pH.** Método Electrométrico \*SM 4500-H<sup>+</sup> B a través de lectura directa con peachimetro.

Se determinó el pH del agua utilizando un peachimetro HACH HQ11d (Figura 6), el cual se calibra con dos soluciones buffer (7 y 8). El electrodo se coloca en la muestra, obteniéndose las lecturas directas de pH y temperatura de la muestra.



**Figura 6:** Medición de pH en el agua (fuente propia)

- **Sólidos disueltos totales.** Valoración de salinidad total \*SM 2540B

Se determinó la salinidad total con el método SM 2540B, realizando la evaporación de una alícuota de la muestra de agua y su posterior calculo por diferencia de pesada (Figura 7).



**Figura 7:** Determinación de salinidad total en agua (fuente propia)

- **Valoración de Dureza Total.** Método Titulométrico de EDTA SM\* 2340.

La dureza del agua está determinada principalmente por la concentración de iones de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y, en menor medida, de magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) disueltos en ella.

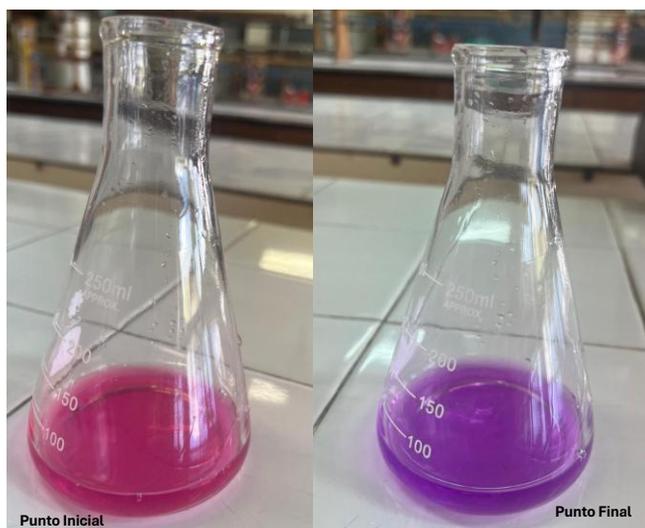
Se realizó la determinación de dureza, titulando un alícuota de muestra con EDTA 0.01M en presencia de negro de eriocromo T como indicador, hasta desaparición de la tonalidad vinosa y viraje al azul (Figura 8).



**Figura 8:** Determinación de dureza punto inicial y punto final (Fuente propia)

- **Valoración de Calcio:** Método volumétrico por complexometría \*SM 3500 D.

Se realizó la determinación de los iones calcio titulando una alícuota de la muestra con EDTA 0,01 M, en presencia de murexida como indicador, hasta punto final de coloración violeta, sin tonalidad rosada o fucsia (Figura 9).



**Figura 9:** Determinación de calcio punto inicial y punto final (Fuente propia)

- **Valoración de Magnesio:** Método de cálculo SM\* 3500 Mg E.

Se obtuvo por diferencia entre Dureza Total y Calcio.

- **Sodio.** Valoración de Sodio: Fotometría de llama - \*SM 3500-Na D

Se realizó la determinación de Sodio utilizando un fotómetro de llama ZELTEC.ZF250. Teniendo en cuenta la concentración aproximada de sodio según su conductividad y la sensibilidad del equipo (Figura 10), se efectuaron las diluciones correspondientes (Figura 11).



**Figura 10:** Fotómetro de llama Catedra de Química Agrícola FCA (fuente propia)



**Figura 11:** Diluciones de las muestras de agua de las industrias para sodio (fuente propia)

- **Potasio.** Valoración de Potasio: Fotometría de llama - \*SM 3500-K D

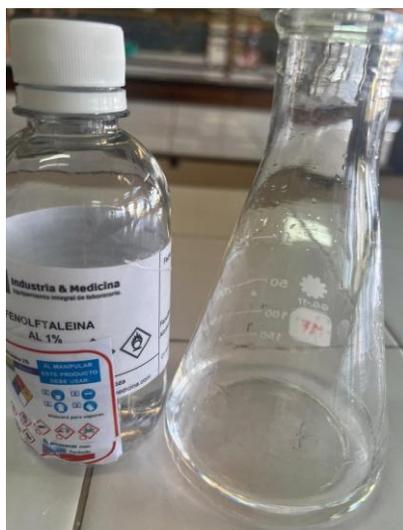
Se realizó la determinación de potasio utilizando un fotómetro de llama ZELTEC.ZF250 (Figura 12). En el caso de las aguas de Mendoza, la lectura es directa (no es necesario realizar diluciones), ya que este elemento se encuentra en bajas concentraciones.



**Figura 12:** Fotómetro de llama, para valoración potasio (fuente propia)

- **Alcalinidad.** Método volumétrico SM 2320B. Valoración de Carbonatos y Bicarbonatos.

Se realizó la determinación de los aniones carbonatos por titulación con HCl 0,05 N en presencia de fenolftaleína como indicador. En el caso de las aguas de Mendoza, no hay presencia de carbonatos (Figura 13). Sobre la misma alícuota de muestra, se realizó, la determinación de aniones bicarbonatos titulando los mismos con HCl 0,05N en presencia de naranja de metilo como indicador (Figura 14).



**Figura 13:** Determinación de carbonatos (fuente propia)



**Figura 14:** Determinación de bicarbonatos. Alcalinidad en agua (fuente propia)

- **Cloruro.** Valoración de Cloruros: Método Argentométrico - \*SM 4500-Cl B

Se valoraron los iones cloruros con  $\text{AgNO}_3$  30.05 N, en presencia de cromato de potasio ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) como indicador, formándose cloruro de plata como un primer precipitado blanco, se continúa agitando hasta la primera aparición perceptible y permanente de un segundo precipitado de color rojo ladrillo o naranja rojizo que indica el punto final de la valoración (Figura 15).



**Figura 15:** Inicio y punto final de la valoración de cloruros. (fuente propia)

- **Sulfatos.** Valoración de Sulfatos: Método Turbidimétrico - \*SM 4500-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> E

Se realizó la determinación de iones sulfatos mediante un espectrofotómetro HACH DR/2400 (Figura 16), utilizando el programa 680 (sulfatos). Dado que el valor máximo cuantificable por el programa elegido es de 70 mg/L de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, es necesario realizar una dilución previa de las muestras.



**Figura 16:** Medición de sulfatos en agua con un espectrofotómetro (fuente propia).

- **Nitritos.** Valoración de Nitritos. Método colorimétrico \*SM 4500-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>

Se realizó sobre una alícuota de la muestra la determinación de iones nitritos con un HANNA checker HI764 (Figura 17). Teniendo en cuenta que el rango de cuantificación del equipo colorimétrico es de 0 a 200 ppb.



**Figura 17:** Colorímetro de bolsillo para la determinación de nitritos en agua (fuente propia)

- **Cloro libre residual.** Valoración de cloro Libre Residual. Método colorimétrico\*SM 4500-Cl G

Se realizó sobre una alícuota de la muestra la determinación de cloro libre con un HANNA checker HI701 (Figura 18). Teniendo en cuenta que el rango de cuantificación del equipo colorimétrico es de 0,02 a 2 mg/L.



**Figura 18:** Colorímetro de bolsillo para la determinación de cloro libre en agua (fuente propia)

- **Hierro** Valoración de Hierro Método de fenantrolina. \*SM 3500-Fe D. SM

Se realizó sobre una alícuota de la muestra la determinación de iones férricos con un HANNA checker HI721-25 (Figura 19). Teniendo en cuenta que el rango de cuantificación del equipo colorimétrico es de 0,02 a 5 mg/L.



**Figura 19:** Colorímetro para la determinación de hierro en agua (fuente propia)

# **CAPITULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## CAPITULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

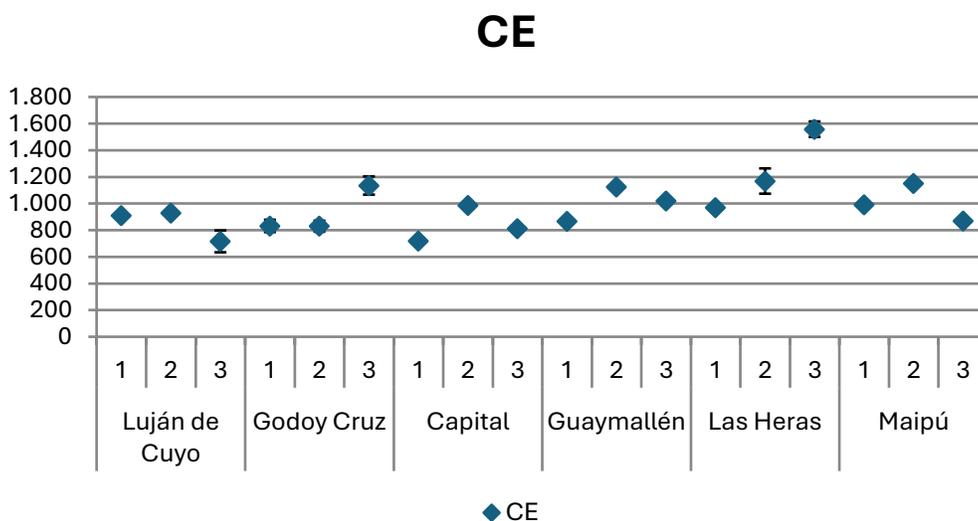
### 4.1. RESULTADOS y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos de los análisis de agua de rutina realizados a las muestras del ensayo. Se aplicó estadística inferencial mediante un análisis de varianza (ANOVA), seguido de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, con el objetivo de determinar diferencias significativas entre las industrias. Los resultados completos, que incluyen los valores numéricos y el análisis estadístico realizado con el software Infostat®, se presentan en el Anexo 4. En dicho anexo pueden observarse las diferencias significativas entre los grupos evaluados.

#### 4.1.1 Conductividad y Sólidos Disueltos Totales.

Si bien el CAA no especifica límites máximos de conductividad, esta característica está relacionada con los sólidos disueltos totales a partir de los cuales se puede inferir valores máximos de conductividad aproximados de 2300-2500  $\mu\text{Scm}^{-1}$  (INA). Es por eso que, como dijimos anteriormente, la resolución 35/96 del EPAS indican que el límite máximo es de 2.500  $\mu\text{S/cm}$  y el límite recomendado es de 1600  $\mu\text{S/cm}$ .

Debido a la resolución del equipo de medición utilizado, los valores  $>10 \mu\text{Scm}^{-1}$  no pueden expresarse con decimales.



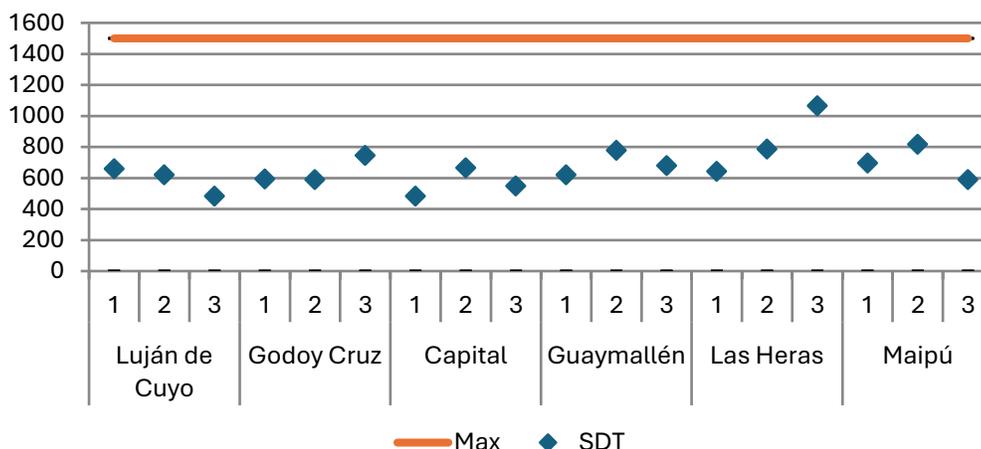
**Figura 20:** Conductividad media de las aguas de red del Gran Mendoza.

Al no existir límites establecidos por CAA para esta determinación solo podemos comparar con el límite máximo y el recomendado que establece la resolución N° 35/96 del EPAS. Teniendo en cuenta estos valores, todas las muestras se encuentran dentro del límite de conductividad establecido para nuestra región.

Sin embargo, comparando los valores entre sí, podemos decir que existen diferencias estadísticamente significativas ( $\alpha= 0,05$ ) para la CE medida de las diferentes industrias (Figura 20).

Podemos observar que las Heras es una de las zonas que más alta conductividad registró, dando como resultado en una de las industrias  $1558\pm 58 \mu\text{Scm}^{-1}$ . (Tabla 5 Anexo 4)

## SDT



**Figura 21:** Contenido medio de SDT de las aguas de red del Gran Mendoza. Valores máximos según CAA, Art.982.

Observando la figura 21 sobre el contenido medio de los SDT, podemos decir que todas las muestras se encuentran dentro del límite establecido por el CAA de 1500 mg/L y si comparamos los valores entre sí, observamos que existen diferencias estadísticamente significativas ( $\alpha= 0,05$ ) para la SDT en las distintas industrias.

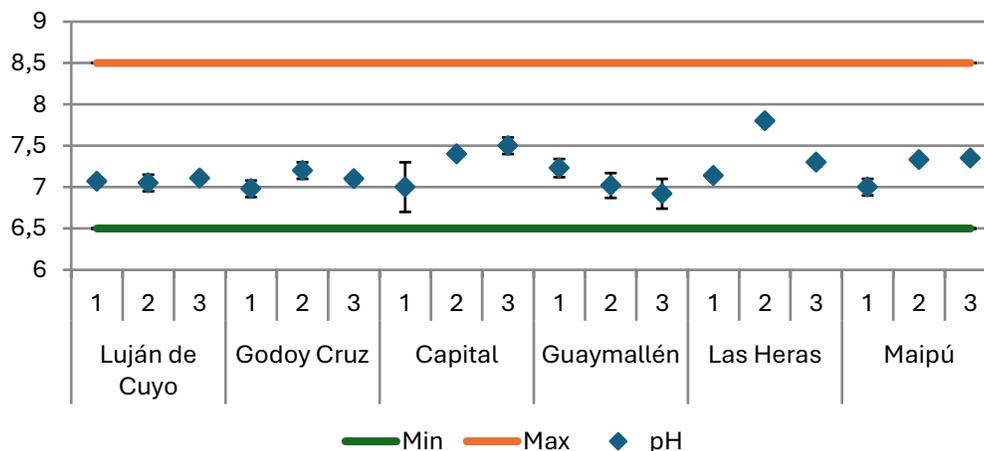
En la zona de Las Heras, se registra el valor más alto de SDT de  $1066,9 \pm 11,85$  mg/L y con una letra diferente al resto, en la prueba de Tukey. (Tabla 5 Anexo 4)

Resumiendo, podemos decir que el contenido de SDT, en el agua de red del Gran Mendoza es apto para su utilización en procesos industriales alimentarios, cumpliendo con las exigencias del CAA. Se recomienda, no obstante, mantener el monitoreo de zonas como Las Heras, donde los valores se acercan al umbral superior, especialmente si se requiere agua de alta pureza en el proceso.

### 4.1.2 pH.

El CAA y la resolución 35/96 del EPAS establece valores máximos y mínimos para el pH del agua potable en el artículo 982. (Anexo 1 y Anexo 2)

## pH



**Figura 22:** pH medio de las aguas de red del Gran Mendoza. Valores máximos y mínimos según CAA, Art.982.

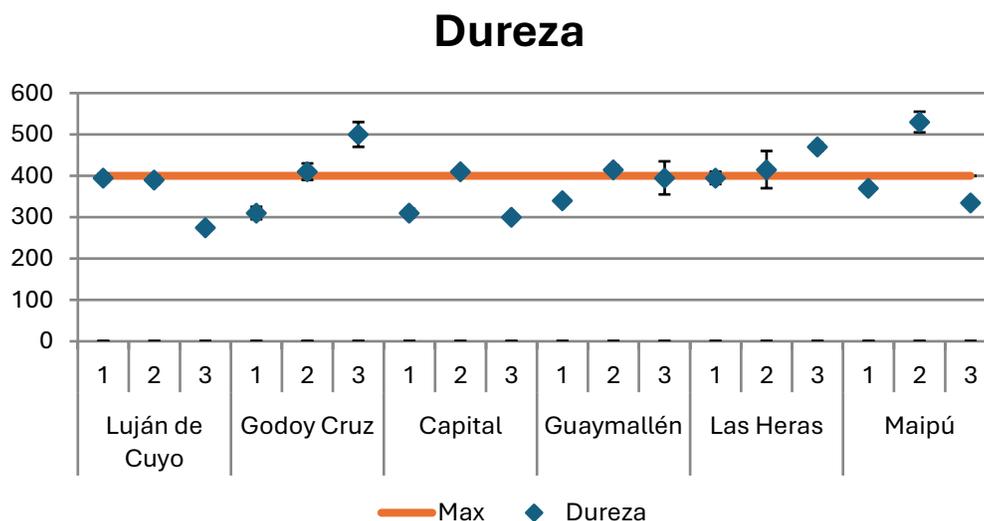
Los valores de pH del agua de las industrias, medidos en las distintas zonas del Gran Mendoza se encuentran dentro del rango permitido por CAA, que establece un mínimo de pH:6,5 y un máximo de pH: 8,5; lo que indica que el agua distribuida en estas áreas es apta en términos de acidez o alcalinidad.

Si comparamos los valores entre las diferentes industrias, podemos decir que si existen diferencias estadísticamente significativas ( $\alpha= 0,05$ ) para el pH de las muestras analizadas.

El valor más alto se registra en Las Heras con un valor en la muestra 2 de pH:7,8±0,04<sup>G</sup>, pero no supera el límite máximo permitido. El valor más bajo se registra en Guaymallén con un valor de pH:6,92±0,18<sup>A</sup>. (Tabla 5 Anexo 4)

Respecto al agua para su uso industrial, podemos concluir que son aptas para dichos procesos. Solo deben ser tratadas para usos específicos, como por ejemplo para uso de agua para caldera.

#### 4.1.3 Dureza.



**Figura 23:** Contenido medio de Dureza en aguas de red del Gran Mendoza. Límite máximo establecido por el CAA.

El valor máximo permitido por CAA es de 400 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, como se observa en la Figura 23 la mayor parte de las muestras se encuentran muy cerca de este límite, e incluso hay 7 muestras que lo superan. Las muestras que superan el límite máximo establecido por el CAA pertenecen a las zonas de Godoy cruz, Ciudad, Las Heras y Guaymallén.

Sin embargo, esto no sería un problema legal ya que el CAA establece: “La autoridad sanitaria competente podrá admitir valores distintos si la composición normal del agua de la zona y la imposibilidad de aplicar tecnologías de corrección lo hicieran necesario” (Art. 982 del CAA.). En el caso de Mendoza la resolución 35/96 del EPAS establece como límite máximo 500 mg/L de CO<sub>3</sub>Ca. Las muestras que superan el valor establecido por el CAA no superan el máximo establecido por el EPAS para Mendoza, excepto 2 muestras que se encuentran en las localidades de Maipú y Godoy cruz.

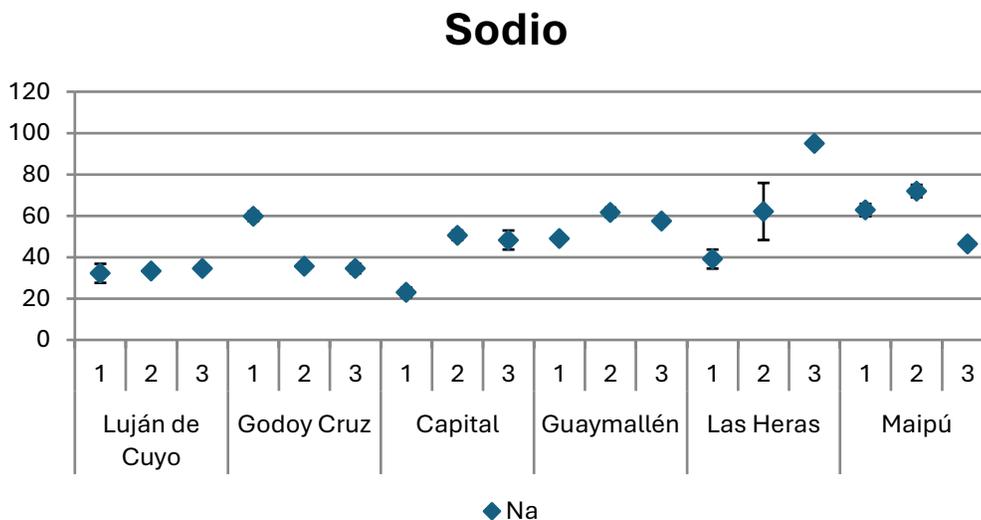
Se realizó un análisis estadístico de los resultados obtenidos de dureza en las diferentes aguas de uso industrial, tomadas del gran Mendoza, con el fin de conocer si hay diferencias entre las industrias. Si comparamos los valores entre las distintas industrias, podemos decir que si existen diferencias estadísticamente significativas ( $\alpha= 0,05$ ) para la Dureza de las muestras analizadas. (Tabla 5 Anexo 4)

Desde una perspectiva industrial, la alta dureza del agua puede generar incrustaciones en equipos como calderas, intercambiadores de calor y sistemas de refrigeración, reduciendo su eficiencia y aumentando los costos de mantenimiento. Por ello, es común que las industrias implementen tratamientos de

ablandamiento del agua, como el uso de resinas de intercambio iónico o sistemas de ósmosis inversa, para adecuarla a los requerimientos específicos de cada proceso.

#### 4.1.4 Sodio.

El CAA no da límites máximos para la cantidad de sodio que debe tener el agua potable. La OMS y la resolución 35/96 del EPAS establecen un valor máximo para sodio de 200 mg/L.



**Figura 24:** Contenido medio de Sodio en aguas de red del Gran Mendoza

Las muestras analizadas se encontraron, todas, por debajo del valor establecido por resolución 35/96 del EPAS y la OMS.

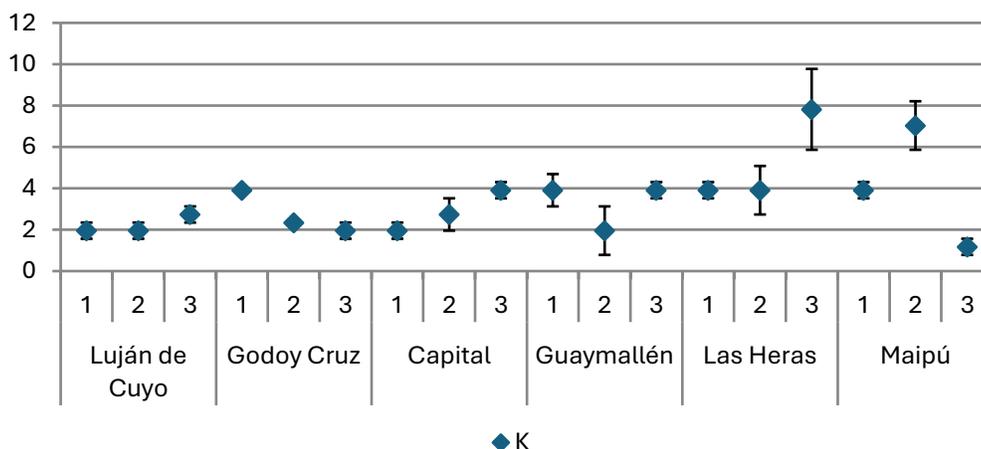
En lo que respecta al agua para uso industrial, no es necesario disminuir la concentración de Sodio. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que, si se utilizan ablandadores, de intercambio iónico, para disminuir la dureza del agua, el valor de sodio aumenta considerablemente. En consecuencia, se podría estar pasando el límite establecido por la OMS y la resolución 35/96 del EPAS.

Si analizamos los valores entre las distintas industrias, podemos decir que existen diferencias estadísticamente significativas ( $\alpha = 0,05$ ) para el sodio de las muestras analizadas. (Tabla 6 Anexo 4)

#### 4.1.5 Potasio

Si bien ni el CAA, ni resolución 35/96 del EPAS, establecen valores límites para este parámetro, es importante su determinación para conocer el perfil completo del agua..

## Potasio



**Figura 25:** Contenido medio de potasio en aguas de red del Gran Mendoza

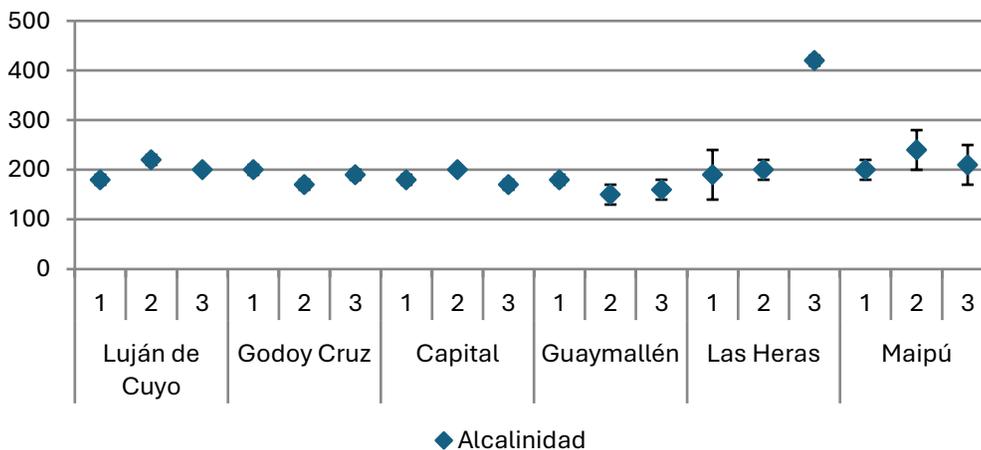
Si comparamos los valores de las distintas industrias, podemos decir que existen diferencias estadísticamente significativas en algunas zonas como Maipú y Las Heras principalmente. El resto de las zonas poseen valores de potasio sin diferencias significativas (para un nivel de significancia de 0,05.) (Tabla 6 Anexo 4)

### 4.1.6. Alcalinidad. (Carbonatos y bicarbonatos)

Como se explicó en los resultados de dureza, las aguas de Mendoza presentan una dureza elevada. Por esta razón, uno de los procesos fundamentales para su utilización en la industria es el ablandamiento. En el ablandamiento químico del agua, la medición de la alcalinidad es un parámetro clave, ya que permite determinar las cantidades adecuadas de cal y carbonato de sodio necesarias para lograr la precipitación de las sales de calcio y magnesio.

Si bien el CAA y la resolución 35/96 del EPAS no establecen límites específicos para este parámetro en aguas destinadas al consumo humano y/o para uso industrial, su control resulta esencial. Esto se debe a su intervención en la eficiencia del proceso de coagulación en la potabilización y su importancia en el ámbito industrial, donde una alcalinidad inadecuada puede contribuir a la corrosión de los equipos.

## Alcalinidad

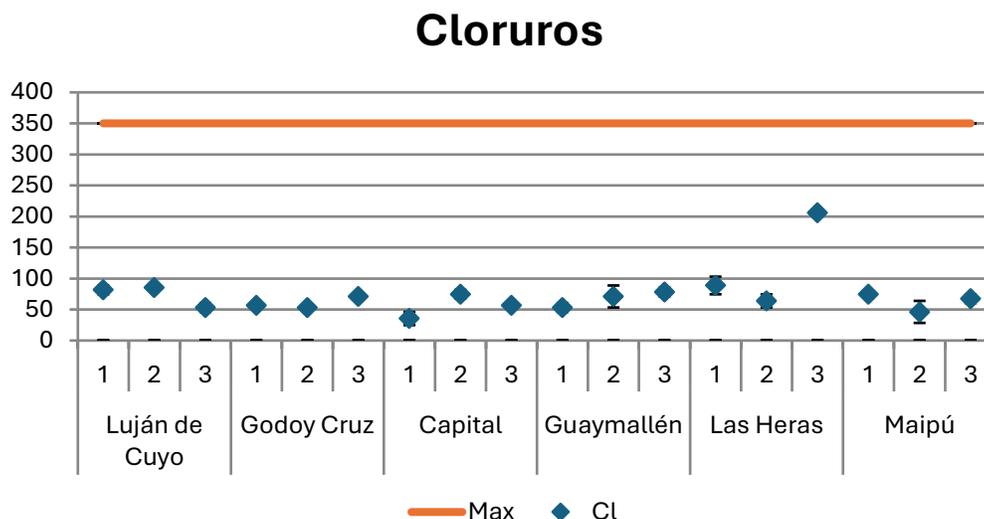


**Figura 26:** Contenido medio de Alcalinidad en aguas de red del Gran Mendoza.

Si comparamos los valores de las distintas industrias, podemos decir que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $\alpha= 0,05$ ) entre las zonas, excepto la muestra 3 de Las Heras, con un valor de alcalinidad de  $420\pm 10^B$  mg/L de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). (Tabla 5 Anexo 4)

#### 4.1.7 Cloruros

El CAA y la resolución 35/96 del EPAS establece para los cloruros en agua potable un máximo de 350 mg/L.



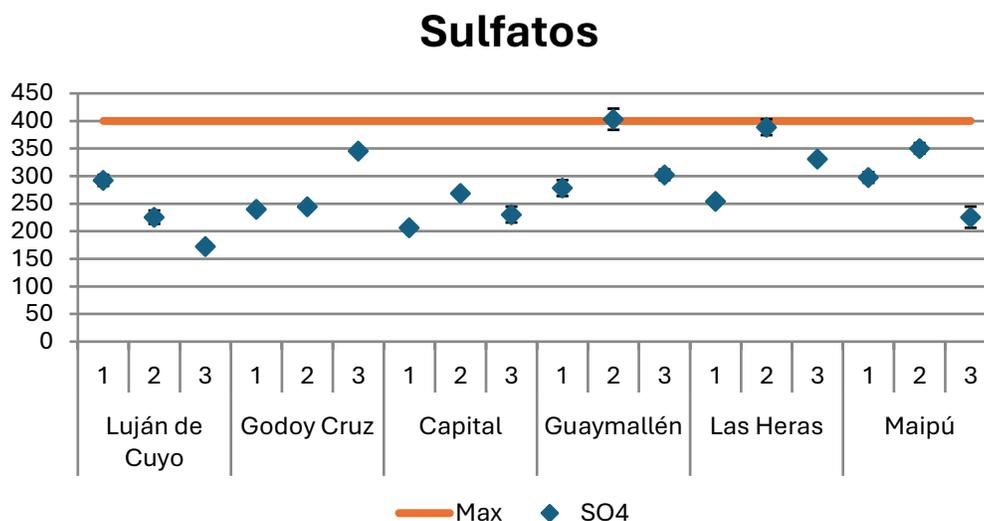
**Figura 27:** Contenido medio de Cloruros en aguas de red del Gran Mendoza. Límite máximo establecido por el CAA.

Como podemos observar en el gráfico todas las muestras se encuentran dentro de los límites máximos establecidos por el CAA y la resolución 35/96 del EPAS.

Si comparamos los valores de cloruros analizados en las aguas de las distintas industrias del gran Mendoza, podemos decir que existen diferencias estadísticamente significativas entre las industrias, para un  $\alpha= 0,05$ .

El valor máximo de cloruros se registro en la zona de Las Heras arrojando un valor de  $205,9\pm 3,55^F$  mg/L de Cloruros. (Tabla 6 Anexo 4).

#### 4.1.8 Sulfatos.



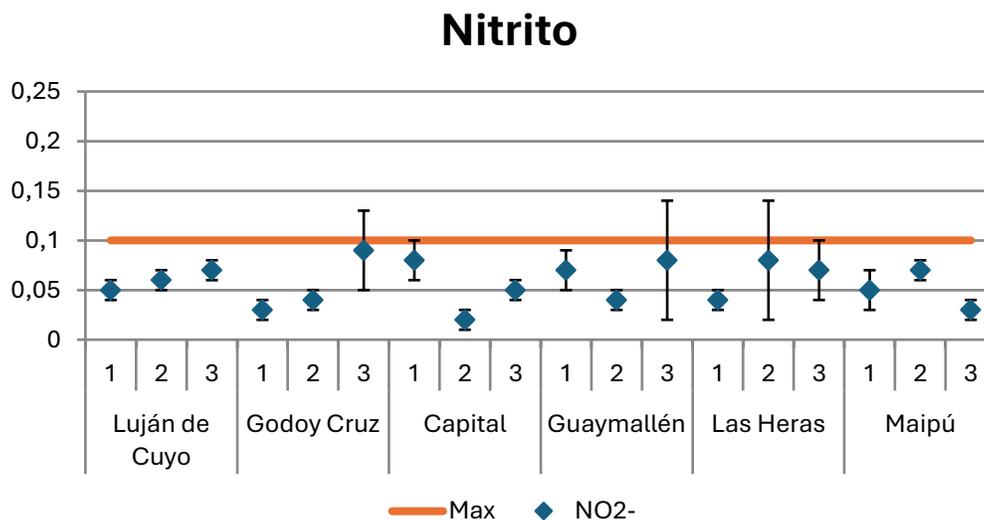
**Figura 28:** Contenido medio de Sulfatos en aguas de red del Gran Mendoza. Límite máximo establecido por el CAA, Art.982.

El máximo valor de sulfatos que establece el CAA y la resolución 35/96 del EPAS es de 400 mg/L de Sulfatos. Se puede observar que las muestras se encuentran cerca del límite máximo. Estos altos contenidos de sulfatos pueden ocasionar problemas de corrosión en la industria.

Si comparamos los valores de sulfatos analizados en las distintas industrias, podemos decir que existen diferencias estadísticamente significativas, con un  $\alpha = 0,05$ .

Las zonas que más altos valor de sulfatos registraron son Guaymallén y las Heras, siendo Guaymallén, el departamento que supera el valor máximo, registrando un valor de  $403,2 \pm 19,2^1$  mg/L. (Tabla 6 Anexo 4)

#### 4.1.9 Nitrito



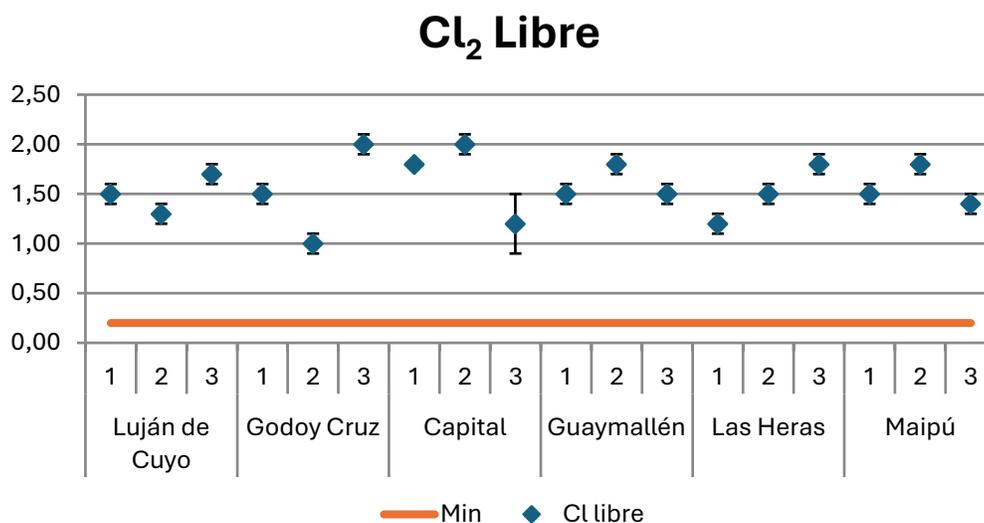
**Figura 29:** Contenido medio de Nitritos en aguas de red del Gran Mendoza. Límite máximo establecido por el CAA.

Todas las muestras se encuentran por debajo del valor máximo establecido por el CAA, en el Artículo 982 de agua potable, que corresponde a máx.: 0,10 mg/L de  $\text{NO}_2^-$

Si comparamos los valores de nitritos analizados en las aguas de las distintas zonas del gran Mendoza, podemos decir que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las zonas, para un  $\alpha=0,05$ . (Tabla 6 Anexo 4)

#### 4.1.10 Cloro Libre Residual.

El contenido de cloro libre que debe tener un agua para considerarse potable según CAA, es como mínimo: 0,2 mg/L de cloro libre. Esta determinación es muy variable en el tiempo, es por eso que se realiza in situ al momento de tomar la muestra.

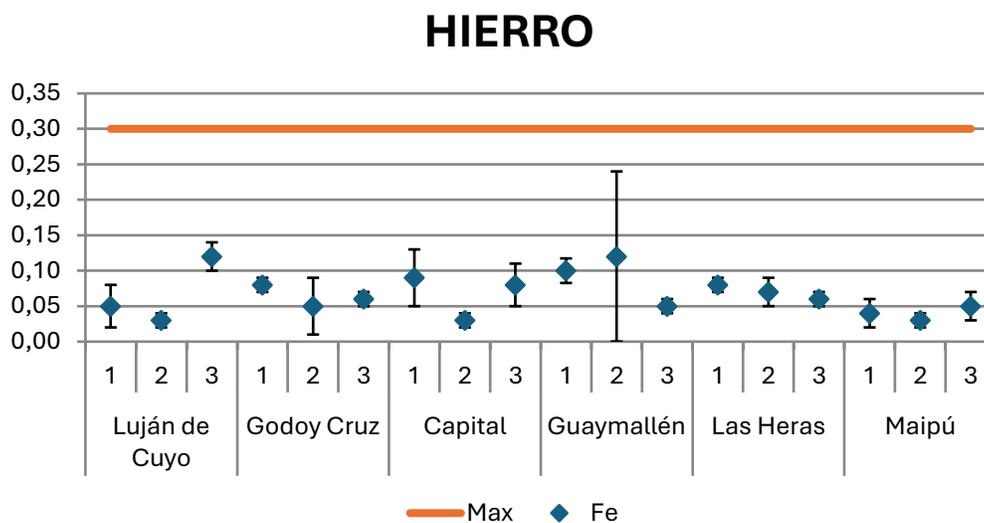


**Figura 30:** Contenido medio de cloro libre residual en aguas de red del Gran Mendoza. Límite mínimo establecido por el CAA, Art.982.

El CAA establece como valor limite un mínimo de 0,02 mg/L para el cloro libre. Todas las muestras se encuentran dentro de los valores establecidos por el CAA y el EPAS.

Si comparamos los valores de cloro libre analizados en las aguas de las distintas zonas del gran Mendoza, podemos decir que existen diferencias estadísticamente significativas entre las zonas. ( $\alpha=0,05$ ). Estas diferencias se pueden deber a la volatilidad que el cloro libre tiene, es por eso que se debe evaluar más de una vez por día, para realmente estar seguro de que el agua se encuentra protegida contra los microorganismos que puedan causar daño a la salud. (Tabla 5 Anexo 4)

#### 4.1.11 Hierro.



**Figura 31:** Contenido medio de hierro en aguas de red del Gran Mendoza. Límite máximo establecido por el CAA, Art.982

El CAA establece un valor máximo de Hierro de 0,3 ppm. Si comparamos los valores de hierro analizados en las aguas de las distintas zonas del gran Mendoza, podemos decir que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las zonas, para un  $\alpha = 0,05$ . (Tabla 6 Anexo 4)

Todas las muestras se encuentran por debajo del límite establecido por el CAA, en el artículo 982 para agua potable.

# **CAPITULO 5: CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES**

## **CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES.**

Podemos concluir que el agua potable de red utilizada por las diversas industrias del Gran Mendoza presenta una calidad fisicoquímica característica de la región. Al evaluar la hipótesis planteada, observamos que, dependiendo del parámetro analizado, pueden existir diferencias estadísticamente significativas, considerando un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ .

En relación con la conductividad, sólidos disueltos totales, pH, dureza, sodio, cloruros, sulfatos y cloro libre residual, se identifican diferencias significativas entre estas variables en las distintas industrias evaluadas de la zona del Gran Mendoza. En cambio, en lo que respecta a alcalinidad, nitritos y hierro, no se observan diferencias significativas para un  $\alpha = 0.05$  en las aguas de red analizadas en esta tesis.

Por otro lado, observando los resultados de potasio en la mayoría de las zonas no hay diferencias significativas exceptuando en Las Heras y Maipú que si muestran diferencias significativas, pero podemos concluir que en general todas las muestras poseen una baja concentración de este mineral. En relación con los objetivos generales planteados en esta tesis, se concluye que fue posible realizar una caracterización fisicoquímica parcial de las aguas analizadas. No se evaluaron la totalidad de los parámetros exigidos por el CAA para aguas potables, según lo establecido en el artículo 982 del Capítulo XII. No obstante, se incluyeron las variables más representativas de las aguas de esta región, permitiendo obtener una aproximación válida al perfil de las aguas analizadas.

En relación con los objetivos específicos de esta tesis, cabe señalar que no se evaluaron todos los operadores encargados de proveer agua potable en el Gran Mendoza. El muestreo se realizó de forma aleatoria, abarcando diversos puntos de la región. Sin embargo, debido a la extensa superficie que comprende esta zona, no fue posible recolectar muestras representativas de todos los prestadores del servicio (Ver anexo 3).

En cuanto a la evaluación realizada conforme a la normativa oficial, se concluye que solo dos variables, la dureza y los sulfatos, no cumplen con los límites establecidos por el CAA en el artículo 982. En todas las zonas hay al menos una de las muestras que sobre pasa el valor límite de dureza y en lo que respecta a sulfatos una de las muestras de la zona de Guaymallén excede el Límite establecido por ley. Sin embargo, dicho artículo del CAA contempla la posibilidad de que cada provincia establezca sus propios límites, en función de las características particulares de la región. Es por esto que la resolución 35/96 del EPAS en dureza amplía el límite máximo establecido para Mendoza.

### **5.2 RECOMENDACIONES.**

Debido a que existen más de tres operadores que proveen el agua potable por zona, sería conveniente evaluar cada uno de ellos por separado, teniendo en cuenta los puntos de muestreo.

Por otro lado, sería conveniente realizarles a las muestras de agua, un análisis físicoquímico y microbiológico completo, según CAA, lo cual permitiría evaluar de forma más precisa los tratamientos que necesitan las diferentes industrias.

Uno de los parámetros que consideramos debería haberse analizado, según la información recopilada durante este trabajo, es el arsénico. En algunas zonas de Mendoza, que no fueron evaluadas en esta tesis como el departamento de Lavalle, se han detectado concentraciones elevadas de este metal que superan los límites establecidos. El CAA, en su artículo 982 sobre agua potable, contempla que en regiones del país con suelos de alto contenido de arsénico se otorga un plazo de hasta cinco años para adecuarse al valor máximo permitido de 0,01 mg/l.

# CAPITULO 6: BIBLIOGRAFÍA

## CAPITULO 6: BIBLIOGRAFÍA

1. Argentina. (s.f.). Código Alimentario Argentino: Artículo 982. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>
2. British Standards Institution. (2003). BS EN 12952-12:2003: Water-tube boilers and auxiliary installations – Requirements for boiler feed water and boiler water quality. BSI. <https://shop.bsigroup.com/ProductDetail?pid=00000000030043373>
3. Calcagno, A., Mendiburo, N., & Gaviño Novillo, M. (2000). Informe sobre la gestión del agua en la República Argentina. Comité Asesor Técnico de América del Sur (SAMTAC), Global Water Partnership (GWP). Recuperado de [https://www.yumpu.com/es/document/view/38343207/informe-sobre-la-gestian-del-agua-en-la-republica-argentina-cap-net:contentReference\[oaicite:5\]{index=5}](https://www.yumpu.com/es/document/view/38343207/informe-sobre-la-gestian-del-agua-en-la-republica-argentina-cap-net:contentReference[oaicite:5]{index=5})
4. Citon, F. (2014). Evaluación de servicios públicos: El agua potable en Mendoza: Regulación del servicio de agua potable y saneamiento en Mendoza: Estudio de caso: EPAS/O.S.M. S.A. 1998-2010 [Tesina de grado, Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales]. Biblioteca Digital UNCuyo. <https://bdigital.uncu.edu.ar/6487> (Consulta: 5 de mayo de 2025)
5. Departamento General de Irrigación. (2023). Gestión del agua en Mendoza. <https://www.irrigacion.gov.ar>
6. Departamento General de Irrigación. (2023). Marco normativo del recurso hídrico en Mendoza. <https://www.irrigacion.gov.ar>
7. Departamento General de Irrigación de Mendoza. (2016.). Aquabook. <http://aquabook.irrigacion.gov.ar>
8. Diario UNO. (2024, agosto 19). Aysam demostró que, por la instalación de medidores, los consumidores redujeron el gasto de agua el 20%. <https://www.diariouno.com.ar/ayсам-demostro-que-la-instalacion-medidores-los-consumidores-redujeron-el-gasto-agua-el-20-n1343478>
9. Duek, A. E. (s.f.). El agua en las industrias alimenticias de Mendoza: estimación de los requerimientos hídricos actuales y escenarios futuros [Tesis de maestría]. Instituto Nacional del Agua – Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua.
10. DW. (2023, 22 de marzo). ONU augura "riesgo inminente de crisis mundial del agua". <https://www.dw.com/es/ONU-augura-riesgo-inminente-de-crisis-mundial-del-agua/a-65073015>
11. Ente Provincial de Agua y Saneamiento. (1996). Resolución N.º 35/96: Anexos I y II – Pequeños operadores. Gobierno de Mendoza. <https://www.mendoza.gov.ar/wp-content/uploads/sites/86/2024/01/Resolucion-35-96-Anexos-I-y-II-Pequeños-Operadores.pdf>
12. Ente Provincial del Agua y de Saneamiento. (s.f.). *Operadores de los servicios*. Gobierno de Mendoza. <https://www.mendoza.gov.ar/epas/operadores/>
13. FAO. (2021). Evaluación de los recursos hídricos en América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/cb7284es/cb7284es.pdf>
14. Fundación Aquae. (s.f.). ¿Cuánta agua dulce hay en el planeta? Recuperado de <https://www.fundacionaquae.org/que-cantidad-de-agua-dulce-hay-en-el-planeta>
15. Gobierno de Mendoza. (1996). Reglamento General para el Control de la Contaminación Hídrica (Resolución N.º 778/96 HTA-DGI). Dirección General de Irrigación.
16. Gobierno de Mendoza. (s.f.). El agua en Mendoza. <https://www.mendoza.gov.ar/>
17. Gobierno de Mendoza. (s.f.). Ley de Aguas N.º 1884. <https://www.mendoza.gov.ar/>
18. Gobierno de Mendoza. (s.f.). Usos del agua en actividades productivas. Dirección General de Irrigación. <https://www.mendoza.gov.ar/>
19. Gobierno de Mendoza. (2022). Mendoza y el agua: historia y gestión. <https://www.mendoza.gov.ar>

20. Gobierno de Mendoza. (2023). Gestión integral del agua en Mendoza. <https://www.mendoza.gov.ar>
21. Infobae. (2024, 29 de julio). El 40% de las necesidades de agua del mundo no se cubrirán para 2030 a medida que la tecnología de desalinización se estanca. <https://www.infobae.com/fortune/2024/07/29/el-40-de-las-necesidades-de-agua-del-mundo-no-se-cubriran-para-2030-a-medida-que-la-tecnologia-de-desalinizacion-se-estanca/>
22. Instituto Nacional del Agua (INA). (2023). Informe hídrico nacional 2023. Secretaría de Obras Públicas de la Nación. <https://www.ina.gov.ar>
23. Manahams. (2007). Problemas derivados del uso industrial del agua.
24. Marre, M. E., Lebedinsky, C., & Mohando, A. (2008). Situación de los operadores comunitarios de agua potable en la provincia de Mendoza. Universidad Nacional de Cuyo. Secretaría de Desarrollo Institucional. Recuperado de <https://bdigital.uncu.edu.ar/8305>
25. Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda. (2020). Plan Nacional del Agua. Gobierno de Argentina. <https://www.argentina.gob.ar/interior/plan-nacional-del-agua>
26. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). Guías para la calidad del agua potable (4.ª ed.). <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>
27. Organización Mundial de la Salud. (2020). Cantidad de agua doméstica, nivel de servicio y salud. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/338044/9789240015241-eng.pdf>
28. Standard methods for the examination of water and wastewater (23.ª ed.). American Public Health Association. American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2022).
29. Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica. (2022). Diagnóstico hídrico nacional. Ministerio de Obras Públicas, Argentina.
30. Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica. (2022). Plan Nacional del Agua – Diagnóstico hídrico nacional. Ministerio de Obras Públicas, Argentina.
31. UNESCO. (2023). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2023. <https://www.unesco.org/reports/wwdr/en/2024/s>
32. UNESCO. (2024). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2024. <https://www.unesco.org/reports/wwdr/en/2024/s>
33. UNESCO. (2024). Las crisis del agua amenazan la paz mundial (informe). <https://www.unesco.org/es/articles/las-crisis-del-agua-amenazan-la-paz-mundial-informe>
34. Wikipedia contributors. (2025, mayo 12). *Gran Mendoza*. Wikipedia. [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Gran\\_Mendoza&oldid=actual](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Gran_Mendoza&oldid=actual)
35. Wikipedia. (2024). Distribución mundial de los recursos hídricos. Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n\\_mundial\\_de\\_los\\_recurso\\_h%C3%ADricos](https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_mundial_de_los_recurso_h%C3%ADricos)
36. Wikipedia. (2024). Gestión de los recursos hídricos en Argentina. [https://es.wikipedia.org/wiki/Gesti%C3%B3n\\_de\\_los\\_recurso\\_h%C3%ADricos\\_en\\_Argentina](https://es.wikipedia.org/wiki/Gesti%C3%B3n_de_los_recurso_h%C3%ADricos_en_Argentina)
37. Worldometer. (2025). Población mundial en tiempo real. <https://www.worldometers.info/world-population/>

# CAPITULO 7: ANEXOS

## ANEXO 1. CAPÍTULO XII: BEBIDAS HÍDRICAS, AGUA Y AGUA GASIFICADA AGUA POTABLE

### Artículo 982 - (Resolución Conjunta SCS y SAGyP N° 33/2023)

“Con las denominaciones de Agua potable de suministro público y Agua potable de uso domiciliario, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico: no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente. El agua potable de uso domiciliario es el agua proveniente de un suministro público, de un pozo o de otra fuente, ubicada en los reservorios o depósitos domiciliarios. El agua potable deberá cumplir con las características físicas, químicas y criterios microbiológicos siguientes:

Características físicas:

Turbiedad: máx. 3 NTU;

Color: máx. 5 escala Pt-Co;

Olor: sin olores extraños.

Características químicas:

pH: 6,5 - 8,5; pH sat.: pH  $\pm$  0,2.

Substancias inorgánicas:

Amoníaco (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) máx.: 0,20 mg/l;

Antimonio máx.: 0,02 mg/l;

Aluminio residual (Al) máx.: 0,20 mg/l;

Arsénico (As) máx.: 0,01 mg/l;

Boro (B) máx.: 2,4 mg/l;

Bromato máx.: 0,01 mg/l;

Cadmio (Cd) máx.: 0,005 mg/l;

Cianuro (CN<sup>-</sup>) máx.: 0,10 mg/l;

Cinc (Zn) máx.: 5,0 mg/l;

Cloruro (Cl<sup>-</sup>) máx.: 350 mg/l;

Cobre (Cu) máx.: 1,00 mg/l;

Cromo (Cr) máx.: 0,05 mg/l;

Dureza total (CaCO<sub>3</sub>) máx.: 400 mg/l;

Fluoruro (F<sup>-</sup>): para los fluoruros la cantidad máxima se da en función de la temperatura promedio de la zona, teniendo en cuenta el consumo diario del agua de bebida:

- Temperatura media y máxima del año (°C) 10,0 - 12,0, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), límite inferior: 0,9; límite superior: 1,7;

- Temperatura media y máxima del año (°C) 12,1 - 14,6, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), límite inferior: 0,8; límite superior: 1,5;

- Temperatura media y máxima del año (°C) 14,7 - 17,6, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), límite inferior: 0,8; límite superior: 1,3;

- Temperatura media y máxima del año (°C) 17,7 - 21,4, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), Límite inferior: 0,7; límite superior: 1,2;

- Temperatura media y máxima del año (°C) 21,5 - 26,2, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), límite inferior: 0,7; límite superior: 1,0;

- Temperatura media y máxima del año (°C) 26,3 - 32,6, contenido límite recomendado de Flúor (mg/l), límite inferior: 0,6; límite superior: 0,8

Hierro total (Fe) máx.: 0,30 mg/l;

Manganeso (Mn) máx.: 0,10 mg/l;

Mercurio (Hg) máx.: 0,001 mg/l;

Níquel (Ni) máx.: 0,02 mg/l;

Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) máx.: 45 mg/l;

Nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) máx.: 0,10 mg/l;

Plata (Ag) máx.: 0,05 mg/l;

Plomo (Pb) máx.: 0,05 mg/l;

Selenio (Se) máx.: 0,01 mg/l;  
 Sólidos disueltos totales, máx.: 1500 mg/l;  
 Sulfatos (SO<sub>4</sub> =) máx.: 400 mg/l;  
 Cloro activo residual (Cl) mín.: 0,2 mg/l.

La autoridad sanitaria competente podrá admitir valores distintos si la composición normal del agua de la zona y la imposibilidad de aplicar tecnologías de corrección lo hicieran necesario. En aquellas regiones del país con suelos de alto contenido de arsénico, la autoridad sanitaria competente podrá admitir valores mayores a 0,01 mg/l con un límite máximo de 0,05 mg/l cuando la composición normal del agua de la zona y la imposibilidad de aplicar tecnologías de corrección lo hicieran necesario; ello hasta contar con los resultados del estudio “Hidroarsenicismo y Saneamiento Básico en la República Argentina – Estudios básicos para el establecimiento de criterios y prioridades sanitarias en cobertura y calidad de aguas”, cuyos términos fueron elaborados por la Coordinación Políticas Socioambientales de la entonces Secretaría de Gobierno de Salud del entonces Ministerio de Salud y Desarrollo Social y la ex Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica del entonces Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda. La Comisión Nacional de Alimentos deberá recomendar el límite máximo admitido para dichas regiones del país en base a los estudios antes referidos. En aquellas regiones del país con suelos de alto contenido de manganeso, la autoridad sanitaria competente podrá permitir valores mayores a 0.1 mg/l con un límite máximo de 0,4 mg/l cuando la composición normal del agua de la zona y la imposibilidad de aplicar tecnologías de corrección lo hicieran necesario.

**Criterios microbiológicos:**

Parámetro	Criterio de aceptación	Metodología de Referencia <sup>(1)</sup>
Opción 1 <sup>(2)</sup> : Bacterias coliformes /100 ml	n=1, c=0, Ausencia	ISO 9308-1 ISO 9308-2 APHA <sup>(3)</sup> 9222 B APHA 9222 J APHA 9222 K APHA 9221 B <sup>(4)</sup> APHA 9221 D APHA 9223 B
Opción 2 <sup>(2)</sup> : Bacterias coliformes NMP/100 ml	n=1, c=0, m<1.1	ISO 9308-2 APHA 9221 B <sup>(5)</sup> APHA 9223 B
<i>Escherichia coli</i> /100 ml	n=1, c=0, Ausencia	ISO 9308-1 ISO 9308-2 APHA 9222 J APHA 9222 K APHA 9222 H APHA 9222 I APHA 9221 F <sup>(6)</sup> APHA 9223 B
Opción 1 <sup>(2)</sup> : <i>Pseudomonas aeruginosa</i> /100ml	n=1, c=0, Ausencia	ISO 16266 ISO 16266-2 APHA 9213 E
Opción 2 <sup>(2)</sup> :	n=1, c=0, m<1.8	ISO 16266-2

<i>Pseudomonas aeruginosa</i> NMP/ 100 ml		APHA 9213 F <sup>(7)</sup>
Bacterias mesófilas (microorganismos cultivables) UFC/ml	n=1, c=0, m=500 <sup>(8)</sup>	ISO 6222 APHA 9215 B

(1) Su versión más actualizada. Pueden emplearse otros métodos que ofrezcan una sensibilidad, reproducibilidad y fiabilidad equivalentes si éstos han sido debidamente validados (por ejemplo, basándose en ISO 13843 o ISO 16140).

(2) Se puede optar por opción 1 o 2 teniendo en cuenta el límite especificado en el criterio de aceptación y la Metodología de referencia correspondiente.

(3) APHA: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association. 23RD Edition.

(4) Sembrar una porción de 100 ml.

(5) Serie de 10 tubos con 10 ml cada uno o serie de 5 tubos con 20 ml cada uno. Para determinar el NMP utilizar las tablas 9221: II o 9221: III (Sección 9221C) según la serie de tubos sembrados.

(6) Confirmación de E. coli en caldo EC MUG a partir de tubos positivos en medio presuntivo de la metodología para coliformes 9221 B. Cuando se utiliza un tubo informar como presencia o ausencia de E.coli /100 ml.

(7) Para determinar el NMP utilizar la tabla 9221: IV (Sección 9221C).

(8) En el caso de que el recuento supere las 500 UFC/ml y se cumplan el resto de los parámetros indicados, sólo se deberá exigir la higienización del reservorio y un nuevo recuento.

En las aguas ubicadas en los reservorios domiciliarios no es obligatoria la presencia de cloro activo.

Contaminantes orgánicos:

THM, máx.: 100 ug/l;

Aldrin + Dieldrin, máx.: 0,03 ug/l;

Clordano, máx.: 0,30 ug/l;

DDT (Total + Isómeros), máx.: 1,00 ug/l;

Detergentes, máx.: 0,50 mg/l;

Heptacloro + Heptacloroepóxido, máx.: 0,10 ug/l;

Lindano, máx.: 3,00 ug/l;

Metoxicloro, máx.: 30,0 ug/l; 2,4 D, máx.: 100 ug/l;

Benceno, máx.: 10 ug/l;

Hexacloro benceno, máx.: 0,01 ug/l;

Monocloro benceno, máx.: 3,0 ug/l;

1,2 Dicloro benceno, máx.: 0,5 ug/l;

1,4 Dicloro benceno, máx.: 0,4 ug/l;

Pentaclorofenol, máx.: 10 ug/l;

2, 4, 6 Triclorofenol, máx.: 10 ug/l;

Tetracloruro de carbono, máx.: 3,00 ug/l;

1,1 Dicloroeteno, máx.: 0,30 ug/l;

Tricloro etileno, máx.: 30,0 ug/l;

1,2 Dicloro etano, máx.: 10 ug/l;

Cloruro de vinilo, máx.: 2,00 ug/l;

Benzopireno, máx.: 0,01 ug/l;

Tetra cloro eteno, máx.: 10 ug/l;

MetilParatión, máx.: 7 ug/l;

Paratión, máx.: 35 ug/l;

Malatión, máx.: 35 ug/l.

Los tratamientos de potabilización que sean necesarios realizar deberán ser puestos en conocimiento de la autoridad sanitaria competente."

## ANEXO 2. RESOLUCION N° 35/96 ENTE PROVINCIAL DEL AGUA Y SANEAMIENTO

### NORMAS DE CALIDAD DE AGUA POTABLE LIMITES DE CALIDAD PARA LA PROVISIÓN DE AGUA POTABLE

#### A. PARAMETROS ORGANOLEPTICOS

PARAMETRO	UNIDADES	LIMITE MAXIMO	LIMITE RECOMENDADO
1 COLOR	UCV	15	8
2 OLOR		No ofensivo	
3 SABOR		No ofensivo	
4 TURBIEDAD	UTN	2	<1

#### B. PARAMETROS FISICO-QUIMICO

PARAMETRO	UNIDADES	LIMITE MAXIMO	LIMITE RECOMENDADO
5 ALUMINIO	mg/l	0,2	
6 AMONIO	mg/l	0,2	
7 CLORO LIBRE RESIDUAL	mg/l	2 (1)	>0,5 y <1
*8 CLORUROS	mg/l	400	250
*9 CONDUCTIVIDAD	µS/cm	2.500	1.600
10 DETERGENTES ANIÓNICOS		ni espuma, ni olor	ni espuma, ni olor
*11 DUREZA TOTAL	mg/l CO <sub>3</sub> Ca	500	
12 HIERRO TOTAL	mg/l	0,20	0,1
13 SODIO	mg/l	200	
*14 SULFATOS	mg/l	400	250
15 ZINC	mg/l	3	3
16 pH	Unidades de pH	6,5-8,5	6,5-8,5

(1) Para una desinfección efectiva este parámetro debe ser >0,5 y <1 mg/l luego de un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos a pH<8

#### C. SUSTANCIAS TOXICAS INORGANICAS

PARAMETRO	UNIDADES	LIMITE MAXIMO	LIMITE RECOMENDADO
*17 ARSÉNICO	mg/l	0,05	
18 BARIO	mg/l	0,7	
19 BORO	mg/l	0,3	
20 CADMIO	mg/l	0,003	
21 CIANUROS	mg/l	0,07	
22 COBRE	mg/l	1	
23 CROMO HEXAVALENTE	mg/l	0,05	
24 CROMO TRIVALENTE		(total)	
25 FLUORUROS	mg/l	<1,5 (f° T°) (1)	
26 MANGANESO	mg/l	0,1	
27 MERCURIO	mg/l	0,001	
28 NITRATOS	mg/l	50 (2)	
29 NITRITOS	mg/l	3 (2)	
30 PLATA	mg/l	0,05	
31 PLOMO	mg/l	0,01 (1)	
32 SELENIO	mg/l	0,01	

(1) Ver observaciones en Doc. Técnico N°1 de CoFeS para agua potable.

(2) La suma de la relación entre la concentración de cada uno y su límite máximo correspondiente, no deberá ser mayor de 1.

#### D. SUSTANCIAS TOXICAS ORGANICAS Y PESTICIDAS (\*)

PARAMETRO	UNIDADES	LIMITE MAXIMO	LIMITE RECOMENDADO
33	1,1 DICLOROETENO	µg/l	30
34	1,1,1 TRICLOROETANO	µg/l	2.000 (3)
35	1,2 DICLOROBENCENO	µg/l	1.000 (2) (3)
36	1,4 DICLOROBENCENO	µg/l	300 (2) (3)
37	1,2 DICLOROETANO	µg/l	30
38	1,2 DICLOROETENO	µg/l	50 (3)
39	2,4 D (ácido 2,4 diclorofenoxiacético)	µg/l	30
40	2,4,6 TRICLOROFENOL	µg/l	200 (2)
41	ALDRÍN Y DIELDRÍN	µg/l	0,03
42	BENCENO	µg/l	10
43	BENZO(A) PIRENO	µg/l	0,7
44	BROMOFORMO	µg/l	100 (1)
45	BROMODICLOROMETANO	µg/l	60 (1)
46	CLORDANO (total de isómeros)	µg/l	0,2
47	CLOROFORMO	µg/l	200 (1)
48	CLORURO DE VINILO	µg/l	5
49	DIBROMOCLOROMETANO	µg/l	100 (1)
50	DICLOROMETANO	µg/l	20 (3)
51	DDT ( total de isómeros)	µg/l	2
52	ESTIRENO	µg/l	20 (2) (3)
53	ETILBENCENO	µg/l	300 (2) (3)
54	FENOLES	µg/l C6H5OH	1
55	GAMMA-HCH (lindano)	µg/l	2
56	HEPTACLORO Y HEPTACLORO EPÓXIDO	µg/l	0,03
57	HEXACLOROBENCENO	µg/l	1
58	HIDROCARBUROS TOTALES	µg/l	500
59	MALATIÓN	µg/l	190
60	METIL PARATIÓN	µg/l	7
61	METOXICLORO	µg/l	20
62	MONOCLOROBENCENO	µg/l	300 (2) (3)
63	PARATIÓN	µg/l	35
64	PENTAFLUOROFENOL	µg/l	9
65	TETRAFLUOROETENO	µg/l	40
66	TETRAFLUORURO DE CARBONO	µg/l	2
67	TOLUENO	µg/l	700 (2) (3)
68	TRICLOROBENCENOS	µg/l	20 (2) (3)
69	TRICLOROETENO	µg/l	70
70	TRIHALOMETANOS	µg/l	Ver (1)
71	XILENOS	µg/l	500 (2) (3)

(1) La suma de las relaciones entre la concentración de cada uno y su límite máximo debe ser < 1.

(2) A mínimas concentraciones puede afectar la aceptabilidad por parte del consumidor. Se recomienda la ausencia del mismo.

(3) Se exige enviar un informe inicial al **EPAS** para evaluar su presencia e importancia sanitaria.

(\*) Debido a la escasez de estudios regionales de importancia, tanto los parámetros como los valores pueden sufrir modificaciones e inclusiones.

## E. PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS (1)

	PARAMETRO	UNIDADES	LIMITE MAXIMO	OBSERVACIONES
*72	BACTERIAS AERÓBICAS	Nº UFC por ml	100	24 hs/37 °C
73	COLIFORMES TOTALES	NMP por 100 ml (tubos múltiples)	<2	
		Nº por 100 ml (membrana filtrante)	0	
74	E. COLI O COLIFORMES TERMOTOLERANTES (2)	NMP por 100 ml (tubos múltiples)	<2	
		Nº por 100 ml (membrana filtrante)	0	
*75	PSEUDOMONAS AERU- GINOSAS	Nº por 100 ml	Ausencia	
*76	FITOPLANCTON Y ZOO- PLANCTON	Nº por 10 litros	Ausencia	
*77	GIARDIA LAMBLIA	Nº por 500 a 1000 litros	Ausencia	

(1) Medición de Coli Totales y E. Coli tanto en entrada al sistema de distribución como en la red.

(2) Se recomienda determinar E. Coli

**Nota:** Los valores detallados en este Anexo están sujetos a modificaciones, especialmente aquellos marcados con asterisco.

Dichas modificaciones serán indicadas por el **EPAS** cuando se considere conveniente.

**ANEXO 3.**

**TABLA 3 DE OPERADORES DE AGUA POTABLE DE LA ZONA DEL GRAN MENDOZA**

DEPARTAMENTO	LOCALIDAD	RAZÓN SOCIAL
<b>LAS HERAS</b>	Ciudad de Las Heras	MUNICIPALIDAD DE LAS HERAS
	El Algarrobal	COMISIÓN DE AGUA POTABLE 19 DE NOVIEMBRE
	El Algarrobal	COOPERATIVA DE VIVIENDAS , URBANIZACIÓN, SERVICIOS PUBLICOS , ASISTENCIALES Y CONSUMO PLUMERILLO SUR LTDA.
	El Algarrobal	COOPERATIVA SERVICIOS PUBLICOS BARRIO SAN PABLO LTDA.
	El Borbollon	ASOCIACIÓN CONSORCIO DE AGUA POTABLE EL BORBOLLON
	El Challao	CONSORCIO DE PROPIETARIOS RUCALEN
	El Plumerillo	COOPERATIVA RURAL DE SERVICIOS PÚBLICOS EL PLUMERILLO LTDA.
<b>LUJÁN DE CUYO</b>	Ciudad de Luján	ASOCIACIÓN VECINAL VILLA EL CARRIZAL
	Ciudad de Luján	MUNICIPALIDAD DE LUJÁN DE CUYO
	El Carrizal (Luján)	UNION VECINAL PUEBLO UNIDAD
	Potrerillos	UNION VECINAL LAS CARDITAS(CADUCIDAD DE LA CONCESION) TUTELA MUNICIPAL
	Vistalba	CONJUNTO HABITACIONAL LA CAPILLA
<b>CIUDAD</b>	1ra Sección	VALLE DE LAS LEÑAS SOCIEDAD ANONIMA - MALARGÜE
	6 <sup>ta</sup> Sección	UNION VECINAL CORAL CARRIZAL
	Ciudad de Mendoza	AYSAM SAPEM
	Ciudad de Mendoza	COOPERATIVA DE ELECTRICIDAD EDIFICACION Y SERVICIOS PUBLICOS SANTA ROSA LTDA.
	Ciudad de Mendoza	DALVIANS.A.
	Ciudad de Mendoza	MENDOZA NORTE SANEAMIENTO S.A.
<b>GUAYMALLEN</b>	Bermejo	UNION VECINAL BARRIO SUBOFICIALES Y AGENTES
	Capilla del Rosario	UNION VECINAL SIN FRONTERAS
	El Sauce	UNION VECINAL DE SERVICIOS PÚBLICOS EL SAUCE
	Kilometro 8	UNION VECINAL KM 8
	La Primavera	UNION VECINAL LA PRIMAVERA GUAYMALLEN
	Los Corralitos	COOPERATIVA DE PROVISIÓN DE AGUA POTABLE CORRALCOOP LTDA.
	Los Corralitos	COOPERATIVA DE SERVICIOS PÚBLICOS LOS CORRALITOS LTDA.
	Puente de Hierro	COOPERATIVA RURAL DE SERVICIOS PÚBLICOS PUENTE DE HIERRO LTDA.
	Rodeo de La Cruz	COOPERATIVA DE SERVICIOS PUBLICOS RODEO DE LA CRUZ LTDA.
	Rodeo de La Cruz	UNION VECINAL LOTES ESCORIHUELA
	Villa Nueva	MUNICIPALIDAD DE GUAYMALLÉN
<b>GODOY CRUZ</b>	Ciudad de Godoy Cruz	CONSORCIO EL PERAL - TUNUYÁN
	Ciudad de Godoy Cruz	FLAVIO AUGUSTO KRISTICH (Bo LA BASTILLA)
	Ciudad de Godoy Cruz	LUMACO S.R.L.
<b>MAIPÚ</b>	Ciudad de Maipú	MUNICIPALIDAD DE MAIPÚ
	Coquimbito	COOPERATIVA RURAL DE SERVICIOS PÚBLICOS BARRIO COQUIMBITO LTDA.
	Coquimbito	UNION VECINAL BARRIO PICCIONE
	Coquimbito	UNION VECINAL PLAZOLETA RUTINI
	Cruz de Piedra	COOPERATIVA DE SERVICIOS PÚBLICOS, SOCIALES Y DE CONSUMO JOSE S. ALVAREZ LTDA.
	Cruz de Piedra	COOPERATIVA DE URBANIZACIÓN, VIVIENDA, SERVICIOS PÚBLICOS Y ANEXOS TRES ESQUINAS LTDA.
	Rodeo del Medio	COOPERATIVA DE PROVISION DE AGUA POTABLE EL PEDREGAL LTDA.

**ANEXO 3.**

**TABLA 4 DE OPERADORES DE AGUA POTABLE DE LA ZONA DEL GRAN MENDOZA OPERADAS POR AySAM**

<b>ESTABLECIMIENTOS</b>	<b>01. Luján I</b>
	<b>02. Luján II</b>
	<b>03. Potrerillos</b>
	<b>04. Alto Godoy</b>
	<b>05. Benegas</b>
	<b>06. San Rafael</b>
	<b>07. San Rafael 25 de Mayo</b>
	<b>08. General Alvear</b>
	<b>09. Malargüe</b>
	<b>10. San Carlos</b>
<b>TOMA DE AGUA</b>	<b>11. Las Cuevas</b>
	<b>12. Puente de Inca</b>
	<b>13. Punta de Vacas</b>
	<b>14. Penitentes</b>
	<b>15. Polvaredas</b>

**ANEXO 4.**

**TABLAS 5 DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE AGUA DE RED DE LAS INDUSTRIAS DEL GRAN MENDOZA**

Zona		CE $\mu$ S/cm	SDT mg/L	Dureza mg/L	Alcalinidad mg/L	pH	Cloro libre mg/L
Luján de cuyo	1	909 $\pm$ 6 <sup>BCDE</sup>	661,8 $\pm$ 6,6 <sup>EF</sup>	395 $\pm$ 6,6 <sup>EF</sup>	180 $\pm$ 10 <sup>A</sup>	7,07 $\pm$ 0,05 <sup>ABCDE</sup>	1,5 $\pm$ 0,1 <sup>B,C,D</sup>
	2	929 $\pm$ 11 <sup>BCDE</sup>	622,2 $\pm$ 11,8 <sup>D</sup>	390 $\pm$ 10 <sup>CDE</sup>	220 $\pm$ 10 <sup>A</sup>	7,05 $\pm$ 0,1 <sup>ABCD</sup>	1,3 $\pm$ 0,1 <sup>A,B</sup>
	3	716 $\pm$ 82 <sup>A</sup>	485,1 $\pm$ 2 <sup>A</sup>	275 $\pm$ 5 <sup>A</sup>	200 <sup>A</sup>	7,11 $\pm$ 0,02 <sup>ABCDE</sup>	1,7 $\pm$ 0,1 <sup>C,D,E</sup>
Godoy cruz	1	832 $\pm$ 46 <sup>AB</sup>	594,75 $\pm$ 8,65 <sup>C</sup>	310 $\pm$ 15 <sup>AB</sup>	200 $\pm$ 10 <sup>A</sup>	6,98 $\pm$ 0,1 <sup>AB</sup>	1,5 $\pm$ 0,1 <sup>B,C,D</sup>
	2	830 $\pm$ 41 <sup>AB</sup>	592 $\pm$ 6,30 <sup>C</sup>	410 $\pm$ 20 <sup>E</sup>	170 $\pm$ 10 <sup>A</sup>	7,2 $\pm$ 0,1 <sup>ABCDEF</sup>	1 $\pm$ 0,1 <sup>A</sup>
	3	1135 $\pm$ 68 <sup>FG</sup>	747,8 $\pm$ 7,20 <sup>H</sup>	500 $\pm$ 30 <sup>GH</sup>	190 $\pm$ 10 <sup>A</sup>	7,1 $\pm$ 0,05 <sup>ABCDE</sup>	2 $\pm$ 0,1 <sup>E</sup>
Ciudad	1	720 $\pm$ 11 <sup>A</sup>	484,2 $\pm$ 1,1 <sup>A</sup>	310 $\pm$ 10 <sup>AB</sup>	180 $\pm$ 10 <sup>A</sup>	7 $\pm$ 0,3 <sup>ABC</sup>	1,8 <sup>D,E</sup>
	2	987 $\pm$ 20 <sup>CDE</sup>	666,2 $\pm$ 10,8 <sup>F</sup>	410 $\pm$ 5 <sup>E</sup>	200 <sup>A</sup>	7,4 <sup>EF</sup>	2 $\pm$ 0,1 <sup>E</sup>
	3	812 $\pm$ 4 <sup>AB</sup>	549,8 $\pm$ 0,6 <sup>B</sup>	300 $\pm$ 5 <sup>AB</sup>	170 $\pm$ 10 <sup>A</sup>	7,5 $\pm$ 0,1 <sup>FG</sup>	1,2 $\pm$ 0,3 <sup>AB</sup>
Guaymallén	1	868 $\pm$ 10 <sup>BC</sup>	620,9 $\pm$ 3,55 <sup>D</sup>	340 $\pm$ 5 <sup>BCD</sup>	180 $\pm$ 10 <sup>A</sup>	7,23 $\pm$ 0,11 <sup>ABCDEF</sup>	1,5 $\pm$ 0,1 <sup>B,C,D</sup>
	2	1126 $\pm$ 12 <sup>FG</sup>	778,8 $\pm$ 2,85 <sup>I</sup>	415 $\pm$ 10 <sup>EF</sup>	150 $\pm$ 20 <sup>A</sup>	7,02 $\pm$ 0,15 <sup>ABCD</sup>	1,8 $\pm$ 0,1 <sup>D,E</sup>
	3	1020 $\pm$ 18 <sup>EF</sup>	681 $\pm$ 1,05 <sup>FG</sup>	395 $\pm$ 40 <sup>DE</sup>	160 $\pm$ 20 <sup>A</sup>	6,92 $\pm$ 0,18 <sup>A</sup>	1,5 $\pm$ 0,1 <sup>B,C,D</sup>
Las Heras	1	970 $\pm$ 1 <sup>CDE</sup>	644,4 $\pm$ 9,40 <sup>E</sup>	395 $\pm$ 15 <sup>DE</sup>	190 $\pm$ 50 <sup>A</sup>	7,14 $\pm$ 0,01 <sup>ABCDE</sup>	1,2 $\pm$ 0,1 <sup>AB</sup>
	2	1169 $\pm$ 95 <sup>G</sup>	787,9 $\pm$ 0,3 <sup>I</sup>	415 $\pm$ 45 <sup>EF</sup>	200 $\pm$ 20 <sup>A</sup>	7,8 $\pm$ 0,04 <sup>G</sup>	1,5 $\pm$ 0,1 <sup>B,C,D</sup>
	3	1558 $\pm$ 58 <sup>H</sup>	1066,9 $\pm$ 11,85 <sup>K</sup>	470 $\pm$ 10 <sup>FG</sup>	420 $\pm$ 10 <sup>B</sup>	7,3 $\pm$ 0,05 <sup>BCDEF</sup>	1,8 $\pm$ 0,1 <sup>D,E</sup>
Maipú	1	991 $\pm$ 4 <sup>DE</sup>	697,1 $\pm$ 10,1 <sup>G</sup>	370 <sup>CDE</sup>	200 $\pm$ 20 <sup>A</sup>	7 $\pm$ 0,1 <sup>ABC</sup>	1,5 $\pm$ 0,1 <sup>B,C,D</sup>
	2	1151 $\pm$ 6 <sup>G</sup>	818,3 $\pm$ 6,7 <sup>J</sup>	530 $\pm$ 25 <sup>H</sup>	240 $\pm$ 40 <sup>A</sup>	7,33 <sup>CDEF</sup>	1,8 $\pm$ 0,1 <sup>D,E</sup>
	3	870 $\pm$ 3 <sup>BCD</sup>	590,2 $\pm$ 1,25 <sup>C</sup>	335 <sup>BC</sup>	210 $\pm$ 40 <sup>A</sup>	7,35 <sup>DEF</sup>	1,4 $\pm$ 0,1 <sup>B,C</sup>

Resultados expresados como la media  $\pm$  DE (n:3) 95% de intervalo de confianza

Los valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo al Test de Tukey ( $p > 0,05$ )

**TABLAS 6 DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE AGUA DE RED DE LAS INDUSTRIAS DEL GRAN MENDOZA**

Zona		Sodio mg/L	Potasio mg/L	Hierro mg/L	Nitrito mg/L	Sulfatos mg/L	Cloruros mg/L
Luján de cuyo	1	32,2± 4,6 <sup>A,B</sup>	1,955±0,39 <sup>A,B</sup>	0,05±0,03 <sup>A</sup>	0,05±0,01 <sup>A</sup>	292,3±10,8 <sup>F</sup>	81,65±7,1 <sup>D,E</sup>
	2	33,35± 0,23 <sup>A,B</sup>	1,955±0,39 <sup>A,B</sup>	0,03±0,01 <sup>A</sup>	0,06±0,01 <sup>A</sup>	225,6±12 <sup>BC</sup>	85,2 <sup>E</sup>
	3	34,5 <sup>A,B,C</sup>	2,737±0,39 <sup>A,B,C</sup>	0,12±0,02 <sup>A</sup>	0,07±0,01 <sup>A</sup>	172,8±4,8 <sup>A</sup>	53,25±7,1 <sup>A,B,C</sup>
Godoy cruz	1	59,8± 2,3 <sup>F,G,H</sup>	3,91 <sup>A,B,C</sup>	0,08±0,01 <sup>A</sup>	0,03±0,01 <sup>A</sup>	240±4,8 <sup>BCD</sup>	56,8±3,55 <sup>A,B,C,D</sup>
	2	35,65±1,15 <sup>B,C</sup>	2,346±0,391 <sup>A,B,C</sup>	0,05±0,04 <sup>A</sup>	0,04±0,01 <sup>A</sup>	244,8±4,8 <sup>CDE</sup>	53,25±3,55 <sup>A,B,C</sup>
	3	34,5±2,3 <sup>A,B,C</sup>	1,955±0,391 <sup>AB</sup>	0,06±0,01 <sup>A</sup>	0,09±0,04 <sup>A</sup>	345,6±5,4 <sup>H</sup>	71 <sup>B,C,D,E</sup>
Ciudad	1	23±2,3 <sup>A</sup>	1,95 0,78 <sup>AB</sup>	0,09±0,04 <sup>A</sup>	0,08±0,02 <sup>A</sup>	206,4±4,8 <sup>AB</sup>	35,5±10,65 <sup>A</sup>
	2	50,6±2,3 <sup>D,E,F,G</sup>	2,73 ±0,391 <sup>ABC</sup>	0,03±0,01 <sup>A</sup>	0,02±0,01 <sup>A</sup>	268,8 <sup>DEF</sup>	74,55±7,1 <sup>C,D,E</sup>
	3	48,3± 4,6 <sup>D,E,F</sup>	3,91±0,39 <sup>ABC</sup>	0,08±0,03 <sup>A</sup>	0,05±0,04 <sup>A</sup>	230,4±14,4 <sup>BC</sup>	56,8±3,55 <sup>A,B,C,D</sup>
Guaymallén	1	48,99± 0,46 <sup>D,E,F</sup>	3,91±0,39 <sup>ABC</sup>	0,1±0,01 <sup>A</sup>	0,07±0,05 <sup>A</sup>	278,4±14,4 <sup>EF</sup>	53,25±7,1 <sup>A,B,C</sup>
	2	61,64±2,3 <sup>G,H</sup>	1,955 ±1,7 <sup>AB</sup>	0,12±0,09 <sup>A</sup>	0,04±0,01 <sup>A</sup>	403,2±19,2 <sup>I</sup>	71±17,75 <sup>B,C,D,E</sup>
	3	57,5±0,92 <sup>E,F,G</sup>	3,91±0,39 <sup>ABC</sup>	0,05±0,01 <sup>A</sup>	0,08±0,06 <sup>A</sup>	302,4±9,6 <sup>FG</sup>	78,1±7,1 <sup>C,D,E</sup>
Las Heras	1	39,1± 4,6 <sup>B,C,D</sup>	3,91 ±0,39 <sup>ABC</sup>	0,08±0,01 <sup>A</sup>	0,04±0,01 <sup>A</sup>	254,4±4,8 <sup>CDE</sup>	88,75±14,2 <sup>E</sup>
	2	62,1± 13,8 <sup>G,H</sup>	3,91 ±1,7 <sup>ABC</sup>	0,07±0,02 <sup>A</sup>	0,08±0,6 <sup>A</sup>	388,8±14,8 <sup>I</sup>	63,9±10,65 <sup>B,C,D,E</sup>
	3	94,99± 0,69 <sup>I</sup>	7,82±1,9 <sup>C</sup>	0,06±0,01 <sup>A</sup>	0,07±0,03 <sup>A</sup>	331,2±4,8 <sup>GH</sup>	205,9±3,55 <sup>F</sup>
Maipú	1	62,79± 2,99 <sup>G,H</sup>	3,91 ±0,39 <sup>ABC</sup>	0,04±0,02 <sup>A</sup>	0,05±0,02 <sup>A</sup>	297,6±9,6 <sup>FG</sup>	74,55 <sup>C,D,E</sup>
	2	71,99± 2,99 <sup>H</sup>	7,038 ±1,17 <sup>BC</sup>	0,03±0,01 <sup>A</sup>	0,07±0,01 <sup>A</sup>	350,4±9,6 <sup>H</sup>	46,15±17,75 <sup>A,B</sup>
	3	46,46± 0,46 <sup>C,D,E</sup>	1,173 ±0,39 <sup>A</sup>	0,05±0,02 <sup>A</sup>	0,03±0,01 <sup>A</sup>	225,6±19,2 <sup>BC</sup>	67,45±7,1 <sup>B,C,D,E</sup>

Resultados expresados como la media ± DE (n:3) 95% de intervalo de confianza

Los valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo al Test de Tukey (p>0,05)