

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PURIFICADA POR
OSMOSIS INVERSA PARA EL CONSUMO EN INSTITUCIONES
EDUCATIVAS, MANANTAY, CORONEL PORTILLO, UCAYALI”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

LADY KELITA RAMOS PÉREZ

PUCALLPA – PERÚ
2021



COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS


ACTA DE APROBACION DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N°128/2021-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 11:00 a.m. del viernes 17 de setiembre de 2021, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en forma virtual, mediante la plataforma unificada de comunicación y colaboración Microsoft Teams, los mismos que estuvo designados con Memo Múltiple N.º 120-2021-UNU-FCFyA, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Carlos Panduro Carbajal	Presidente
Dr. David León Moreno	Miembro
Ing. M. Sc. Carlos Ruiz Padilla	Miembro

Se procedió a evaluar a la sustentación de la tesis denominado: **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PURIFICADA POR OSMOSIS INVERSA PARA EL CONSUMO EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS. MANANTAY, CORONEL PORTILLO, UCAYALI”**, presentado por el bachiller **RAMOS PÉREZ, LADY KELITA**, asesorado por el Ing. Mg. **FERMÍN CAMPOS SOLORZANO**, habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por la sustentante en consecuencia la tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD Y RECOMENDACIÓN DE PUBLICACIÓN**, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**, después de las correcciones respectivas de la tesis. Siendo las 12 :25 p.m. horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.



Dr. Carlos Panduro Carbajal
Presidente



Dr. David León Moreno
Miembro



Ing. M. Sc. Carlos Ruiz Padilla
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título Profesional de Ingeniería Ambiental.

Dr. Carlos Panduro Carbajal



Presidente

Dr. David León Moreno



Miembro

Ing. M. Sc. Carlos Ruiz Padilla



Miembro

Ing. Mg. FERMÍN CAMPOS SOLORZANO



Asesor

Bach. Lady Kelita Ramos Pérez



Tesista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N° 0350-2021

La Dirección de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe Final de Tesis, titulado:

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PURIFICADA POR OSMOSIS INVERSA PARA EL CONSUMO EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS, MANANTAY, CORONEL PORTILLO, UCAYALI”

Cuyo(s) autor (es) : RAMOS PÉREZ, LADY KELITA
Facultad : CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela Profesional : INGENIERIA AMBIENTAL
Asesor(a) : Mg. CAMPOS SOLÓRZANO, FERMÍN

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 8%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 03/09/2021



Dr. ABRAHAM ERMITANIO HUAMAN ALMIRON
Dirección de Producción Intelectual

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, LADY KELITA RAMOS PÉREZ.

Autor de la TESIS titulada:

"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PURIFICADA POR ÓSMOSIS

INVERSA PARA EL CONSUMO EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS, MANANTAY,

CORNEL PORTILLO, UCAYALI".

Sustentada el año: 2021.

Con la asesoría de: Ing. Mg. FERMIN CAMPOS SOLORZANO.

En la Facultad de: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES.

Carrera Profesional de: INGENIERÍA AMBIENTAL.

Autorizo la publicación:

PARCIAL Significa que se publicará en el repositorio institucional solo la caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali y del Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 17 / 09 / 2021

Email: KELITA2501@GMAIL.COM

Firma: 

Teléfono: 932053695

DNI: 47385155

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a mi Dios Todopoderoso, por haberme concedido la vida, fortaleza y permitirme poder concluir una etapa muy importante.

A mis padres, Juan Ramos Méndez y Rossana Pérez De La Cruz, por su amor, fortaleza y apoyo incondicional en cada momento, y por demostrarme continuamente con su ejemplo que siempre se puede superar los obstáculos que se me presentan en la vida.

A mi esposo, Christian Eduardo Gonzalo Ruiz, por todo el apoyado y ánimo para inspirarme a culminar cada etapa, que me inspira para seguir y sé que siempre contaré con él.

A mis hermanas, por su incondicional apoyo durante mis estudios e inspirarme a seguir a pesar de las circunstancias.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a mi DIOS Todopoderoso por su guía y respaldo en esta investigación por la que aprendí mucho.

A mi esposo, Christian Eduardo Gonzalo Ruiz, por su apoyo incondicional.

A mi asesor, Ing. Fermin Campos Solorzano; por su guía, trabajo, dedicación, valiosos aportes en conocimientos y consejos recibidos a lo largo de la ejecución de este trabajo de investigación.

A las personas e instituciones que me apoyaron como:

- Universidad Nacional de Ucayali por ser parte de esta investigación.
- A la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental, en especial a los señores: Ing. Daniel Fernando Mori Ríos, Ing. Segundo Elmer Nieto Ampuero, Ing. Luis Xavier Guimaraes, Sr. Isaac; por brindarme las facilidades en el apoyo, la orientación y los valiosos aportes durante el presente estudio de investigación.
- A los directores de las instituciones educativas, My. EP. Marko Emilio Jara Schenone - I.E. N° 64912 e Ivonis Mazzarolo - I.E. N° 65102, quienes fueron pieza fundamental para el desarrollo de la investigación.
- Y así a todas las personas no profesionales y profesionales, a quienes consulté o pedí ayuda, y de quienes la recibí sin ningún interés.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT	XVI
INTRODUCCIÓN	1
PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.1.1. Problema General	5
1.1.2. Problemas Específicos:.....	5
MARCO TEÓRICO	6
2.1. GENERALIDADES.....	6
2.1.1. Principio de funcionamiento del sistema (Agua Thaní, s.f.).....	6
2.1.2. Proceso técnico del sistema.....	8
2.1.3. Diseño y componentes del sistema de ósmosis inversa	9
2.2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA (OTRAS INVESTIGACIONES).....	10
2.2.1. A nivel internacional	10
2.2.2. A nivel nacional	11
2.3. REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	13
a. Límites Máximos Permisibles de calidad del agua para consumo humano.	14
b. Parámetros de calidad organoléptica	14
c. Parámetros inorgánicos y orgánicos.....	14
d. Parámetros de control obligatorio (PCO).....	14
e. Parámetros adicionales de control obligatorio (PACO).....	15
2.4. PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA TEÓRICO	15
2.4.1. Situación del abastecimiento de agua para consumo humano en Ucayali	15
2.4.2. Situación de la calidad de agua para consumo humano en el distrito de Manantay, región Ucayali.....	18
2.4.3. Agua potable.....	18

2.4.4. Agua subterránea.....	20
a. Características microbiológicas del agua.....	23
b. Características Físicas del Agua Subterránea.....	23
c. Características químicas del agua subterránea.....	24
2.4.5. Agua purificada	25
2.4.6. Ósmosis inversa, tecnología para producir agua destinada al consumo en instituciones educativas.	26
a. La ósmosis y la ósmosis inversa	26
b. Factores de funcionamiento de ósmosis inversa (Semino- Zelada, 2015).....	29
c. Pretratamiento del agua a tratar por ósmosis inversa	29
d. Eficiencia de ósmosis inversa	30
e. Ventajas del uso de ósmosis inversa en el tratamiento de agua	31
2.4.7. Vigilancia y control de la calidad	31
a. Vigilancia sanitaria del agua para consumo humano en el Perú.	32
2.4.8. Agentes nocivos para la salud de las personas presentes en el agua para el consumo humano.....	33
a. Aspectos Microbiológicos	33
Patógenos emergentes transmitidos por el agua	34
b. Aspectos Químicos.....	38
c. Aspectos Relativos a la Aceptabilidad: sabor, olor y apariencia	57
DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	63
METODOLOGÍA	67
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.	67
a. Sistema de Osmosis Inversa de la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone- I.E. N° 64912.	67
b. Sistema de Osmosis de la IEI Ivonis Mazzarolo- I.E. N° 65102.	68
3.2. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	69
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	69
3.3.1. Población	69
3.3.2. Muestra	71
3.4. PROCEDIMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	71
3.4.1. Ubicación de los sistemas de osmosis inversa empleados para el abastecimiento de agua de consumo directo para humanos.	71
3.4.2. Selección de Parámetros de control.....	73
3.4.3. Toma de muestras para la recolección de datos.....	73

3.4.4. Frecuencia de recolección de datos y parámetros.....	76
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	76
3.5.1. Técnicas.....	76
3.5.2. Instrumentos.	77
3.6. PROCESAMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	78
3.7. TRATAMIENTO DE DATOS.	79
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	81
4.1. RESULTADOS.....	81
4.1.1. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua antes del proceso de tratamiento, para su consumo en la Institución Educativa My. EP. Marko Emilio Jara Schenone - I.E. N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - I.E.I. N° 65102	81
4.1.2. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de control obligatorio del agua para el consumo, en la Institución Educativa My. EP. Marko Emilio Jara Schenone - I.E. N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - I.E.I. N° 65102, después del sistema de ósmosis inversa.....	86
4.1.3. Los parámetros de metales pesados del agua para el consumo humano, en la Institución Educativa My. EP. Marko Emilio Jara Schenone - I.E. N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - I.E.I. N° 65102, después del sistema de ósmosis inversa.....	90
4.2. DISCUSIÓN	99
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
5.1. CONCLUSIONES	108
5.2. RECOMENDACIONES.....	110
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	112
ANEXOS	121

ÍNDICE DE TABLAS.

En el texto.

Tabla 1. Producción de agua potable por la EPS EMAPACOP S.A.....	17
Tabla 2. Formas de abastecimiento de agua para consumo humano (% respecto al total de hogares).....	17
Tabla 3. Calidad bacteriológica del agua para consumo humano.....	18
Tabla 4. Métodos de potabilización.	19
Tabla 5. Requerimientos del agua de alimentación para el equipo de ósmosis inversa.	30
Tabla 6. Comparación de tecnologías de purificación de agua.....	31
Tabla 7. Instituciones educativas beneficiadas con la instalación de un sistema de agua de mesa.	70
Tabla 8. Cantidad de muestra necesaria para los ensayos.	73
Tabla 9. Descripción de la metodología empleada en el laboratorio.	78
Tabla 10. Resultados de los parámetros para la evaluación de la calidad de agua para el consumo humano, antes del proceso de osmosis inversa.	81
Tabla 11. Resultados de los parámetros para la evaluación de la calidad de agua para el consumo humano, después del proceso de osmosis inversa.	86
Tabla 12. Resultados de metales en la evaluación de la calidad de agua para consumo humano después del sistema de ósmosis inversa.	90

En el texto.

Tabla 13A. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos	142
Tabla 14A. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica....	142
Tabla 15A. Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos.	143
Tabla 16A. Límites máximos permisibles de parámetros radiactivos.	145
Tabla 17A. Referencias para el cloro libre en el agua de consumo.	146
Tabla 18A. Referencias para el boro en el agua de consumo.	146
Tabla 19A. Referencias para bario en el agua de consumo.	147
Tabla 20A. Referencias para cadmio en el agua de consumo.	147
Tabla 21A. Referencias para cromo en el agua de consumo.	148
Tabla 22A. Referencias para cobre en el agua de consumo.	148
Tabla 23A. Referencias para manganeso en el agua de consumo.	148
Tabla 24A. Referencias para molibdeno en el agua de consumo.	149
Tabla 25A. Referencias para níquel en el agua de consumo.	149
Tabla 26A. Referencias para plomo en el agua de consumo.....	150
Tabla 27A. Referencias para antimonio en el agua de consumo.	151
Tabla 28A. Referencias para arsénico en el agua de consumo.	151

ÍNDICE DE FIGURAS

En el texto.

Figura 1. Proceso técnico del sistema ósmosis inversa.....	8
Figura 2. Diseño y componentes del sistema de ósmosis inversa.....	9
Figura 3. El agua subterránea como parte del ciclo hidrológico.....	21
Figura 4. Esquemmatización de la distribución de agua en el suelo y subsuelo.	22
Figura 5. Representación de la Ósmosis y la Ósmosis Inversa.	27
Figura 6. Corte y funcionamiento de una membrana de Ósmosis Inversa.....	27
figura 7. Área donde se encuentra el sistema de osmosis inversa, ubicado en la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone	68
Figura 8. Área donde se encuentra el sistema de osmosis inversa, ubicado en la IEI Ivonis Mazzarolo.	69
Figura 9. Resultado de la prueba de Bacterias Coliformes totales en las muestras de agua de consumo humano.	82
Figura 10. Resultado de la prueba de Bacterias Coliformes Termotolerantes en las muestras de agua de consumo humano.	83
Figura 11. Resultado de la prueba de Turbiedad en las muestras de agua de consumo humano.....	83
Figura 12. Resultado de la prueba del potencial de Hidrogeno (pH) en las muestras de agua de consumo humano.	84
Figura 13. Resultado de la prueba de la conductividad en las muestras de agua de consumo humano.	84
Figura 14. Resultado de la prueba de los sólidos totales en las muestras de agua de consumo humano.	85
Figura 15. Resultado de la prueba de turbiedad de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.	87
Figura 16. Resultado de la prueba de potencial de Hidrogeno (pH) de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.....	88
Figura 17. Resultado de la prueba de conductividad de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.	88
Figura 18. Resultado de la prueba de sólidos totales disueltos de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.	89
Figura 19. Resultado de la prueba de aluminio de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.	91
Figura 20. Resultado de la prueba de boro de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.	91
Figura 21. Resultado de la prueba de bario de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.	92
Figura 22. Resultado de la prueba de cadmio de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.	92
Figura 23. Resultado de la prueba de cromo de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.	93

Figura 24. Resultado de la prueba de cobre de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.	93
Figura 25. Resultado de la prueba de hierro de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.	94
Figura 26. Resultado de la prueba de manganeso de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.	94
Figura 27. Resultado de la prueba de molibdeno de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.	95
Figura 28. Resultado de la prueba de sodio de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.	95
Figura 29. Resultado de la prueba de níquel de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.	96
Figura 30. Resultado de la prueba de plomo de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.	96
figura 31. De la prueba de antimonio del agua de consumo humano después ser sometida al proceso de osmosis inversa.	97
Figura 32. Resultado de la prueba de cinc de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.	97
Figura 33. Resultado de la prueba de arsénico de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.	98

En el Anexo.

Figura 34A. Resultados de los muestreos a las aguas después de ser sometidas al sistema de osmosis inversa para determinar análisis de metales.	123
Figura 35A. Resultado del primer muestreo del agua para consumo humano en la IEI Ivonis Mazzarolo.	125
Figura 36A. Resultado del primer muestreo del agua después de ser sometida al sistema de osmosis inversa, en la IEI Ivonis Mazzarolo.	126
Figura 37A. Resultado del primer muestreo del agua para consumo humano en la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone.	127
Figura 38A. Resultado del primer muestreo del agua después de ser sometida al sistema de osmosis inversa, en la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone.	128
Figura 39A. Resultado del segundo muestreo del agua para consumo humano en la IEI Ivonis Mazzarolo.	129
Figura 40A. Resultado del segundo muestreo del agua después de ser sometida al sistema de osmosis inversa, en la IEI Ivonis Mazzarolo.	130
Figura 41A. Resultado del segundo muestreo del agua para consumo humano de la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone.	131
Figura 42A. Resultado del segundo muestreo del agua después de ser sometida al sistema de osmosis inversa de la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone.	132
Figura 43A. Resultado del tercer muestreo del agua para consumo humano en la IEI Ivonis Mazzarolo.	133

Figura 44A. Resultado del tercer muestreo del agua después de ser sometida al sistema de osmosis inversa, en la IEI Ivonis Mazzarolo.	134
Figura 45A. Resultado del tercer muestreo del agua para consumo humano de la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone	135
Figura 46A. Resultado del tercer muestreo del agua después de ser sometida al sistema de osmosis inversa en la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone	136
Figura 47A. Rotulado de los recipientes para los muestreos correspondientes.	137
Figura 48A. Preparación del recipiente para el muestreo.	137
Figura 49A. Obtención de la muestra para análisis fisicoquímico	138
Figura 50A. Obtención de la muestra para análisis parasitológico.....	138
Figura 51A. Obtención de muestra para análisis microbiológico.....	139
Figura 52A. Muestra obtenida para su posterior análisis.	139
Figura 53A. Preparación de la muestra tomada para su almacenamiento y transporte.....	140
Figura 54A. Muestras preparadas para su transporte al laboratorio.	140
Figura 55A. Centro de obtención del agua procesada por osmosis inversa ubicado en la Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - I.E. N° 65102, Manantay, Provincia Coronel Portillo, departamento Ucayali.	141
Figura 56A. Centro de obtención del agua procesada por osmosis inversa ubicado en la Institución Educativa My. EP. Marko Emilio Jara Schenone - I.E. N° 64912, Manantay, Provincia Coronel Portillo, departamento Ucayali.....	141

RESUMEN

En esta investigación se evaluaron diferentes parámetros de calidad del agua para consumo humano, tales como B. Coliformes Totales, B. Coliformes Termotolerantes o Fecales, B. Heterotróficas, quistes y/o quistes de protozoarios patógenos, huevos y larvas de Helmintos, Organismos de Vida Libre (OVL), Parásito, Turbiedad, pH, Conductividad, Sólidos Disueltos Totales, Cloro, Temperatura, Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Cadmio, Cobre, Cromo total, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Niquel, Plomo, Sodio y Zinc, en muestras de agua procesadas por un sistema basado en la purificación mediante osmosis inversa, en instituciones educativas del distrito de Manantay de la provincia de Coronel portillo en el departamento de Ucayali, comprendiendo a la Institución Educativa My. EP. Marko Emilio Jara Schenone - I.E. N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - I.E.I. N° 65102. El objetivo fue comparar los Límites Máximos Permisibles -LMPs establecidos en el DS 031-2010-SA con los resultados obtenidos mediante la evaluación de las muestras analizadas. El estudio concluyó con resultados muy favorables, ya que las muestras cumplen con la normativa vigente en el país respecto a parámetros de calidad del agua (Límites Máximos Permisibles) para consumo humano.

No obstante, cabe destacar que, en la primera prueba para indicadores microbiológicos, Bacterias Coliformes Totales y Termotolerantes, de las muestras tomadas en ambas instituciones educativas, los resultados sobrepasaron lo recomendado por los parámetros de calidad microbiológica. Por lo que se dispuso a acortar el tiempo para el muestreo con el fin de realizar un mejor seguimiento en el estado microbiológico de la calidad del agua y, aunque, en los siguientes muestreos se obtuvieron resultados óptimos, se debe tener en consideración las recomendaciones y procedimientos necesarios para que se mantenga así en el tiempo y no tener posibles repercusiones negativas en la salud de los consumidores.

Palabras claves: LMP, calidad, ósmosis inversa, parámetro, agua.

ABSTRACT

In this research, different water quality parameters for human consumption were evaluated, such as B. Total Coliforms, B. Thermotolerant or Fecal Coliforms, B. Heterotrophic, Eggs and larvae of Helminths, cysts or cysts of pathogenic protozoa, Parasite, Free Living Organisms (OVL), Turbidity, pH, Conductivity, Total Dissolved Solids, Chlorine, Temperature, Aluminum, Boron, Barium, Cadmium, Total Chromium, Copper, Iron, Manganese, Molybdenum, Sodium, Nickel, Lead, Antimony, Zinc, Arsenic, in water samples processed by a system based on reverse osmosis purification, in educational institutions in the Manantay district of the Coronel Portillo province in the Ucayali department, including the school My. EP. Marko Emilio Jara Schenone - I.E. N ° 64912 and Integrated school Ivonis Mazzarolo - I.E.I. N ° 65102. The objective was to compare the Maximum Permissible Limits -LMPs established in DS 031-2010-SA with the results obtained by evaluating the analyzed samples. The study concluded with very favorable results, since the samples from the country comply with current regulations regarding water quality parameters (Maximum Permissible Limits) for human consumption.

Nonetheless, it should be noted that, in the first test for microbiological indicators, Total and Thermotolerant Coliform Bacteria, of the samples taken in both educational institutions, the results exceeded that recommended by the microbiological quality parameters. Therefore, we were decided to shorten the sampling time in order to better monitor the microbiological status of the water quality and, although optimal results were obtained in the following samplings, the recommendations and recommendations should be taken into account. Procedures necessary to keep it that way over time and not have possible negative repercussions on the health of consumers.

Keywords: LMP, quality, inverse osmosis, parameter, water.

INTRODUCCIÓN

1. La problemática del tema en estudio

La cantidad de agua dulce en la tierra es limitada, y su calidad está sometida a una presión constante. La preservación de la calidad del agua dulce es elemental para el suministro de agua de consumo humano, y puede verse comprometida debido a la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones (ONU-DAES, 2015).

Según el Programa de ONU - Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio (UNW-DPAC), A nivel internacional existe una profunda preocupación porque aproximadamente 884 millones de personas carecen de acceso seguro al agua potable y alrededor de 2.600 millones de personas no tienen acceso a saneamiento básico, lo que supone el 40% de la población mundial.

Es preocupante que muchas personas vivan con este tipo de carencia, a pesar de que el acceso seguro al agua potable es reconocido por el consejo de Derechos Humanos como un derecho humano: un derecho a la vida y a la dignidad humana.¹

En el Perú, parte de la población no es ajena al problema de no contar con el acceso al agua segura para el consumo; y en la región Ucayali entre las problemáticas existentes para la población que se presentan debido al escaso acceso al agua salubre producto de la contaminación *antrópica* (producido por la actividad humana) y a la inadecuada cobertura de los sistemas de saneamiento ante el crecimiento poblacional, son los que originan enfermedades gastrointestinales debido a la presencia de muchos problemas de saneamiento básico ambiental, los cuales no permiten la disminución de factores que influyen en el aumento de este tipo de enfermedades; siendo los más vulnerables, la población infantil. Aunque muchas de las enfermedades gastrointestinales tienen baja mortalidad igualmente ocasionan importantes problemas de salud, económicos y sociales, debido a su sintomatología y complicaciones, afectando a los niños principalmente en su crecimiento y desarrollo.

En un trabajo de investigación titulado “Empoderamiento en el cuidado de la salud y su relación con el saneamiento básico, alimentación y nutrición en familias de los AA.HH. Jorge Velásquez Portocarrero, José de San Martín y Las Flores - Pucallpa, 2013.” Svagelj Espejo, Rivera Chasquibol, y Ochoa Shupingahua, destacan que, de la población estudiada, el 47% demuestran

¹ Consejo de Derechos Humanos, Resolución 16/2, 2010.

inadecuado saneamiento básico y el 30.5% realiza prácticas de alimentación y nutrición no saludables.

2. Importancia

La eficiencia de los distintos sistemas de tratamiento de aguas para su consumo es de mucha importancia para preservar la calidad de las aguas tratadas. Poder determinar si el tratamiento mediante osmosis inversa es suficiente y adecuado para la obtención del agua apto para el consumo humano considerando su origen previamente va a requerir de un monitoreo y vigilancia a través del tiempo. Además, de ser así, mantener en el tiempo este privilegio, que beneficia principalmente a los alumnos de dichas instituciones educativas, va a depender de diversos factores entre ellos la ubicación del sistema, el mantenimiento del sistema, el recurso humano para su manipulación y, su adecuado y constante uso.

3. Propósito, objetivos y las partes de la tesis

El propósito de la tesis es dar a conocer si las condiciones actuales de las aguas tratadas mediante osmosis inversa con fines de consumo humano están en condiciones de ser consideradas como agua para consumo humano según el estado peruano en base a la normativa vigente, para ello se han establecido como objetivo principal del estudio la evaluación de la calidad del agua purificada por osmosis inversa para el consumo de los alumnos de la Institución Educativa My. EP. Marko Emilio Jara Schenone - I.E. N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - I.E. N° 65102, Manantay, Provincia Coronel Portillo, departamento Ucayali. Por lo que será de suma importancia la determinación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua, para el consumo humano, antes y después de pasar por el proceso de purificación; determinar los valores de los parámetros de control obligatorio y los parámetros químicos (metales) del agua para el consumo en muestras obtenida posterior al proceso para ser comparadas con los LMPs establecidos en el D.S. N° 031 – 2010 SA.

CAPÍTULO I

PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel internacional existe una profunda preocupación porque aproximadamente 884 millones de personas carecen de acceso seguro al agua potable y alrededor de 2.600 millones de personas no tienen acceso a saneamiento básico, lo que supone el 40% de la población mundial (Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio (UNW-DPAC), 2010).

“El agua de este estanque no es buena. La usamos porque no tenemos alternativa. Nuestra comunidad y todos los animales beben del estanque. Por culpa del agua estamos contrayendo distintas enfermedades”.

Zenebech Jemel, Chobare Meno, Etiopía.

(Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2006)

Es preocupante que en el mundo muchas personas vivan con estas difíciles situaciones aunque el acceso seguro al agua potable y al saneamiento es reconocido un derecho humano: un derecho a la vida y a la dignidad humana (Consejo de Derechos Humanos, 2011)

El Perú no está ajeno a esta problemática relacionada a la salud humana; en la región Ucayali entre los problemas de salud que se presentan en la población están los padecimientos originados debido al escaso acceso al agua salubre producto de la contaminación producida por la actividad humana y a la inadecuada cobertura de los sistemas de saneamiento ante el crecimiento poblacional; lo que ocasionan casos de enfermedades gastrointestinales, siendo la enfermedad diarreica aguda la segunda causa de muerte de niños en el mundo debido a que existen muchos problemas de saneamiento básico ambiental, los cuales no permiten la disminución de factores que influyen en el aumento de enfermedades gastrointestinales; siendo los más vulnerables, la población infantil.

(Panduro Del Águila & Suarez, 2017), concluyen que en cuanto a la Influencia de los factores de riesgo en las EDAS se encontró según la población estudiada que el 55% muestran higiene inadecuada y el desconocimiento sobre

higiene y hábitos alimentarios inadecuado; respecto al tipo de diarrea se encontró: aguda 78%, persistente 15% y crónica 8%.

Aunque muchas tienen baja mortalidad igualmente ocasionan importantes problemas de salud, económicos y sociales, debido a su sintomatología y complicaciones: afecta a los niños en su crecimiento y desarrollo. Muchos de los problemas mencionados ocurren por las malas prácticas de higiene y el desconocimiento por parte de la población; (Svagelj Espejo, Rivera Chasquibol, & Ochoa Shupingahua, 2013) destacan que de la población estudiada el 47% demuestran inadecuado saneamiento básico y el 30.5% realiza prácticas de alimentación y nutrición no saludables.

Superar la crisis de agua y saneamiento es uno de los primeros grandes desafíos del desarrollo humano del siglo XXI. El éxito para superar este desafío a través de una respuesta internacional y nacional coordinada actuaría como catalizador para el progreso en salud pública, educación y reducción de la pobreza y como una fuente de dinamismo económico (PNUD, 2006).

Un ejemplo para esta acción es la acción que tuvo la Dirección Regional de vivienda, Construcción y Saneamiento – GOREU en conjunto con el Grupo empresarial Cayman, mediante su competencia social, con el objetivo de generar estrategias de intervención para reducir y controlar la anemia, la desnutrición crónica infantil y la Parasitosis en los niños de la región Ucayali, en el año 2017, beneficiaron con 20 purificadores de agua a los estudiantes de 20 instituciones educativas de la región Ucayali, entre los que han sido beneficiados dos (02) instituciones educativas del distrito de Manantay, que son la I.E. Institución Educativa My. EP. Marko Emilio Jara Schenone - I.E. N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - I.E.I. N° 65102. Iniciativa por la cual los alumnos de dichas instituciones podrán contar con agua salubre.

Mantener este privilegio, que beneficia a los alumnos de dichas instituciones educativas, en el tiempo va a depender de diversos factores entre ellos la ubicación del sistema, el mantenimiento del sistema, el recurso humano para su manipulación y, su adecuado y constante uso.

1.1. Formulación del problema

1.1.1. Problema General

¿Cuál es la calidad del agua después de ser sometida al proceso de osmosis inversa para el consumo directo en la Institución Educativa My. EP Marko Emilio Jara Schenone - I.E. N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - I.E.I. N° 65102, Manantay, Provincia Coronel Portillo, departamento Ucayali?

1.1.2. Problemas Específicos:

¿Las características fisicoquímica y microbiológica del agua para consumo humano en la Institución Educativa My. EP Marko Emilio Jara Schenone - I.E. N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - I.E.I. N° 65102, exceden los LMP establecidos en el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano, D.S. N° 031–2010–SA?

¿Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de control obligatorio de las aguas de consumo directo después de ser sometidas al proceso de osmosis inversa, en la Institución Educativa MY. EP MARKO EMILIO JARA SCHENONE - I.E. N° 64912 e Institución Educativa Integrada IVONIS MAZZAROLO - I.E.I. N° 65102, exceden los LMPs establecidos en el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano, D.S. N° 031–2010–SA?

¿Los parámetros metales pesados de las aguas para el consumo, en la Institución Educativa My. EP Marko Emilio Jara Schenone - I.E. N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - I.E.I. N° 65102, exceden los LMPs establecidos en el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano, D.S. N° 031–2010–SA?

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades

2.1.1. Principio de funcionamiento del sistema (Agua Thaní, s.f.)

El sistema de ósmosis inversa de alta tecnología se compone de cinco etapas de filtración. Primero, tres cartuchos pre positivos filtran el agua cruda.

La primera etapa: cartucho PPF, elimina la sustancia suspendida y otras sustancias hasta 5 micras en agua cruda; **La segunda etapa:** cartucho de carbón activado granular encargada de eliminar contaminantes orgánicos, pesticidas y químicos, además de mejorar el sabor y eliminar el olor del agua. reduce tanto sabores como olores no deseados; **La tercera etapa:** cartucho de carbón activado de alta densidad, complementa la 2da etapa con una depuración definitiva del agua al realizar una filtración más eficaz de la misma, elimina compuestos volátiles, cloro, sabores y olores, el olor a cloro y su crecimiento en agua cruda.

Después de aproximadamente tres etapas de filtración, el agua filtrada es empujada hacia **la cuarta etapa:** la membrana de ósmosis inversa (RO) por una bomba de alta presión. Dado que la apertura de la membrana RO es de solo 0,0001 micras, las bacterias y el virus filtrable pueden pasar a la membrana RO solo si la bacteria se redujera en tamaño 400 veces, y el virus filtrable se reduciría en tamaño más de 200 veces. en consecuencia, las impurezas extrafinas, los sólidos solubles nocivos, las bacterias y los virus en el agua están bloqueados por la membrana RO de alta densidad.

La membrana RO también puede filtrar otras impurezas y contaminación del agua filtrada. La sustancia nociva se elimina automáticamente por medio de una salida de aguas residuales. El agua filtrada a través de la membrana RO entra en un tanque de presión para su

almacenamiento. Cuando el usuario abre el grifo de cuello de cisne, el agua purificada pasará por **la quinta etapa:** filtración de carbón activado bacteriostático pospositivo (se puede agregar una bola mineral o luz UV detrás de la quinta etapa, si se considera necesario) antes de que salga al grifo.

El sistema controla el proceso de purificación de agua automáticamente. cuando la presión del agua cruda es demasiado baja o el tanque de almacenamiento de agua está lleno, el sistema detendrá la máquina de purificación automáticamente; Cuando la presión del agua vuelve al nivel normal, la máquina de purificación se encenderá automáticamente. El agua purificada por el sistema RO tiene como fin el brindar agua potable pura sin bacterias e impurezas, rica en oxígeno, de buen gusto y excelente para la salud.

2.1.2. Proceso técnico del sistema

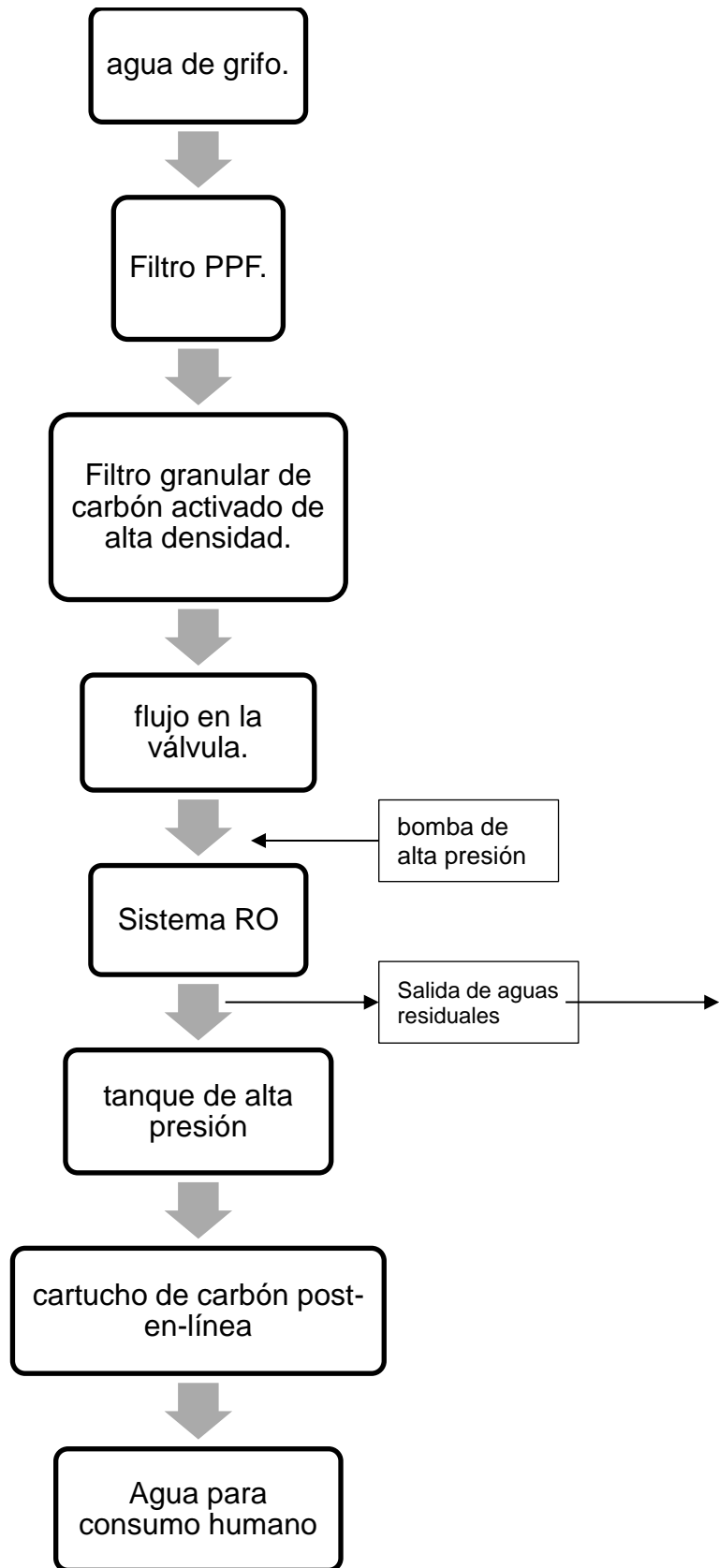


Figura 1. Proceso técnico del sistema ósmosis inversa.

2.1.3. Diseño y componentes del sistema de ósmosis inversa

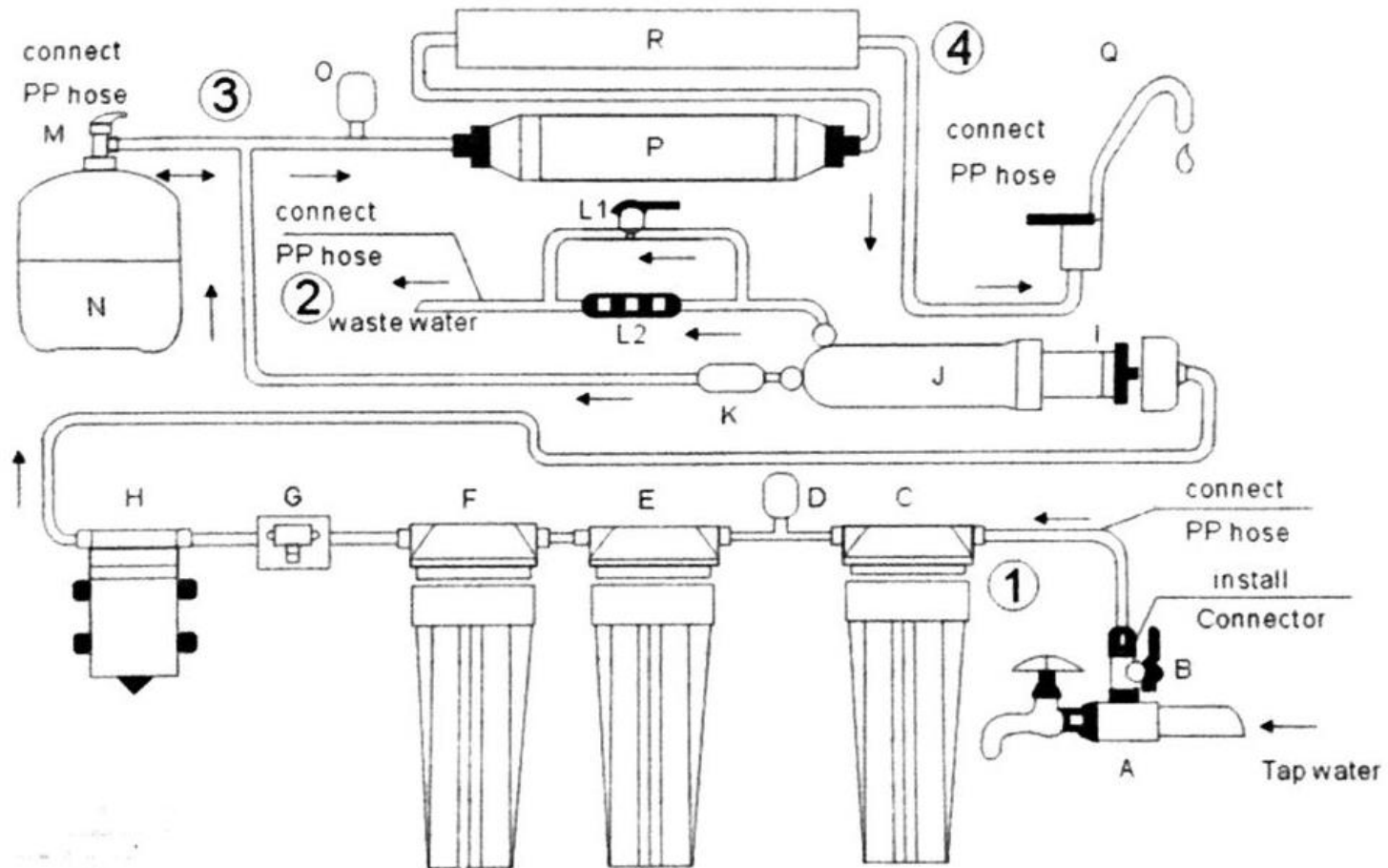


Figura 2. Diseño y componentes del sistema de ósmosis inversa.

- **Leyenda:**

A:	Conector de tres vías de alimentación de agua
B:	Válvula de bola
C:	Carcasa del cartucho del filtro de sedimento PP
D:	Interruptor de baja presión
E:	Carcasa del cartucho del filtro de carbón activado granular
F:	Carcasa del cartucho del filtro del bloque de carbón (<i>material compacto</i>)
G:	Válvula de flujo
H:	Bomba de refuerzo
I:	Membrana de ósmosis inversa
J:	Carcasa de membrana
K:	Válvula de retención
L1:	Válvula de descarga manual
L2:	Restrictor del drenaje
M:	Válvula del tanque
N:	Tanque de presión
O:	Interruptor de alta presión
P:	Cartucho de carbón en línea
Q:	grifo de cuello de ganso o cisne
R:	Filtro de bola mineral / luz UV / nada (<i>variable</i>)
1, 2, 3, 4:	Manguera de plástico

2.2. Antecedentes del problema (otras investigaciones)

2.2.1. A nivel internacional

Francisco Javier Gutiérrez Mella (2009), Realizó una tesis para optar al grado de magister en Gestión para la globalización, sobre “Internacionalización de tratamiento para recuperación membranas de osmosis inversa: el caso de la empresa regenera”, con el objeto desarrollar un plan de negocios para internacionalizar el know how de recuperación de membranas utilizadas en los procesos de desalación de agua, como por ejemplo los procesos de Osmosis Inversa desarrollados exitosamente por Minera Escondida en Puerto Coloso; concluyendo entre varios puntos que la experiencia exitosa de resultados de regeneración en plantas desaladoras en Chile confirma que es una solución sostenible, se observa que el método de Osmosis Inversa sigue teniendo alta participación de mercado en los nuevos proyectos de construcción de plantas desaladoras.

Lic. Emanuel Cabezas (2013), realizó una tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental, sobre “Externalidades ambientales en la aplicación de ósmosis inversa para potabilización de agua sólo para la ingesta. Análisis de caso”, con el objetivo de identificar y cuantificar mediante indicadores los impactos y las externalidades ambientales de la aplicación de un sistema de Ósmosis Inversa (OI) para provisión de agua potable envasada, a fin de ser distribuida sólo para la ingesta en la localidad de Monte Hermoso, Provincia de Buenos Aires; concluyendo que la selección adecuada de las condiciones operacionales de los filtros de CAG puede generar agua comparativamente similar o superior a los filtros conformados con materiales convencionales como Antracita y arena.

De igual forma, el uso de CAG como medio filtrante para el tratamiento de agua del Rio Cauca es un insumo que puede aportar a una posible estrategia para disminuir el riesgo microbiológico y el riesgo crónico asociado con el contenido de materia orgánica en el agua distribuida a la población caleña.

2.2.2. A nivel nacional

Fiorella Semino-Zelada (2015), Realizó una tesis para optar el título de Ingeniero Industrial y de Sistemas, sobre “Producción de agua de mesa por ósmosis inversa para autoabastecimiento de UDEP” con el fin de contribuir a hacer realidad un proyecto que desde hace algún tiempo la Universidad de Piura ha querido implementar, este proyecto consiste en producir agua de mesa para autoabastecerse; concluyendo que la ósmosis inversa es una alternativa eficaz y de las mejores en el tratamiento que garantice un agua de mesa de buena calidad, proporciona la mejor calidad de agua tanto física, como química y microbiológica. Las membranas utilizadas eliminan bacterias, virus, pirógenos, sólidos inorgánicos entre 85 % - 95 % con un peso fórmula superior a 300 g/mol. Además, que es necesario un tratamiento previo del agua de alimentación para evitar la obstrucción de las membranas de ósmosis inversa extendiendo así su vida útil. Además, que, el diseño de planta propuesto cumplirá con las normas vigentes: el Reglamento de Vigilancia Sanitaria, las buenas prácticas de

manufactura, las normas ECA, para garantizar la producción de un agua de óptima calidad que cumpla con los estándares de calidad y no sobrepase los límites permisibles de contaminantes establecidos para el agua de consumo humano. Por último, que es necesario para garantizar la calidad del agua de mesa que en la planta de tratamiento se cuente con sistemas de calidad como HACCP, gestión de calidad ISO 9001 y un sistema de gestión ambiental que permitan tomar acciones preventivas y correctivas que distingan nuestro producto de los demás que se producen en la región al mismo tiempo que se da ejemplo de cómo la industria puede ir de la mano con el cuidado del medio ambiente.

Liz Estrella Leyva Loayza (2017), Realizó un informe de suficiencia para optar el título de Ingeniera Marítima, sobre “Propuesta de implementación de un sistema de osmosis inversa para el abastecimiento de agua dulce para submarino” con el fin de dar a conocer la implementación de un sistema de generación de agua dulce para abastecer a un submarino, para lo cual realizó un análisis comparativo de tres equipos de generación de agua dulce (osmosis inversa modular, osmosis inversa compacto, y evaporadora); concluyendo que el equipo más adecuado para realizar la instalación a bordo es el sistema osmosis inversa compacta debido a que es un equipo ensamblado con todos sus componentes, el cual nos ayuda para la distribución de un espacio pequeño como el submarino, asimismo en el mantenimiento es más rápido y el cambio de repuesto de membrana se realiza mínimo anualmente.

Lic. Gloria María Rossi Salinas (2017), Realizó la tesis para optar el Título de Segunda Especialidad en Toxicología y Control Alimentario, sobre “Propuesta de tratamiento físico-mecánico de las aguas subterráneas con problemas de dureza del parque residencial puertas del sol distrito de la victoria – Lambayeque” con el fin de diseñar un Filtro Purificador casero, de agua para uso rural; teniendo entre sus conclusiones que el filtro de agua aplicado logró mejorar la calidad de la muestra en estudio, siendo más efectivo para la reducción de la turbidez la que se redujo hasta un 99,97%; y del el análisis físico-químico del agua luego del tratamiento revela la

presencia de elementos eco tóxicos por encima del máximo permisible, siendo el filtro tipo “C” (con la mezcla 1:1 de carbón activo y ceniza de cascarilla de arroz) el que tuvo mayor acción filtrante.

Br. Freddy Armando Ramos Harada (2018), Realizó la tesis para optar el grado académico de Maestro en Administración de Negocios - MBA, sobre “Desalinización del agua de mar para uso agrícola, chilca 2018” con el fin determinar como la desalinización del agua de mar para su uso agrícola permitió la creación de una unidad de negocio agrícola sostenible en zonas desérticas como en el distrito de Chilca, 2018; teniendo entre sus conclusiones que (a) El proceso de Osmosis Inversa para la desalinización del agua de mar y/o subterránea de los pozos de chilca es el proceso más utilizado en el mundo, y en el Perú en este último año ha tomado transcendencia debido a proyectos como el del Hotel Decamerón en punta sal o el de Fénix Power central eléctrica en Chilca... (c) El agua desalinizada cumple con las características idóneas para cosechar Arándanos y el volumen en el año debe ser de aproximadamente 80,000 m³ al año para 10 hectáreas de siembra... (f) La sostenibilidad del proyecto es viable por los flujos positivos desde el segundo año y por el retorno de la inversión al tercer año, y por el VAN de 1,047,137 y de 1,694,349 y TIR del 29% y 47% para el agua de mar y de pozo respectivamente, socialmente contribuirá con la formación de mano de obra técnica para la agricultura, uso de tecnología agraria sostenible, buenas prácticas agrarias y armonía con los “stakeholders” del negocio.

2.3. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

El Decreto Supremo N° 031-2010-SA tiene por objeto establecer los requisitos físicos, químicos y microbiológicos que debe cumplir el agua potable para proteger la salud pública; se aplica en todo el territorio nacional y considera todos los servicios públicos, municipales y privados sea cual fuere el sistema o red de distribución, en lo relativo a la prevención y control de la contaminación de las aguas, cualquiera que sea su estado físico (MINSA, 2011).

a. Límites Máximos Permisibles de calidad del agua para consumo humano.

Los LMPs son las medidas de la concentración o del grado de elementos sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente (MINSA, 2011).

Además, en el Artículo 33º de la Ley N° 28611, señala que el LMP guarda coherencia entre el nivel de protección ambiental establecido para una fuente determinada y los niveles generales que se establecen en los ECA. La implementación de estos instrumentos debe asegurar que no se exceda la capacidad de carga de los ecosistemas, de acuerdo con las normas sobre la materia (Ley general del Ambiente, Ley N° 28611).

b. Parámetros de calidad organoléptica

En cuanto a los parámetros químicos que afectan la calidad estética y organoléptica del agua para consumo humano, no deben exceder las concentraciones o valores señalados en la tabla (MINSA, 2011).

c. Parámetros inorgánicos y orgánicos

Toda agua destinada para el consumo humano, no deberá exceder los límites máximos permisibles para los parámetros inorgánicos y orgánicos señalados en la Tabla 15 (MINSA, 2011), (Espitia Iriarte, 2019).

d. Parámetros de control obligatorio (PCO)

Los parámetros de control obligatorio son los considerados para todos los proveedores de agua, entre los cuales están (MINSA, 2011):

- Coliformes totales;
- Coliformes termotolerantes;
- Color;
- Turbiedad;

- Residual de desinfectante; y
- pH

e. Parámetros adicionales de control obligatorio (PACO)

Son incorporados como parámetros adicionales de control (PACO) con carácter obligatorio, de comprobarse en los resultados de la caracterización del agua la presencia de los parámetros señalados en el artículo 63, en los diferentes puntos críticos de control o muestreo del plan de control de calidad (PCC) que exceden los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA, Reglamento de calidad para agua de consumo Humano, o a través de la acción de vigilancia y supervisión y de las actividades de la cuenca (MINSa, 2011).

- **Parámetros microbiológicos.** Bacterias heterotróficas; virus; huevos y larvas de helmintos, quistes de protozoarios patógenos; y organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos (MINSa, 2011), (Espitia Iriarte, 2019).
- **Parámetros organolépticos.** Sólidos totales disueltos, amoníaco, cloruros, sulfatos, dureza total, hierro, manganeso, aluminio, cobre, sodio y zinc, conductividad (MINSa, 2011), (Espitia Iriarte, 2019);
- **Parámetros inorgánicos.** Plomo, arsénico, mercurio, cadmio, cromo total, antimonio, níquel, selenio, bario, flúor y cianuros, nitratos, boro, clorito clorato, molibdeno y uranio (MINSa, 2011), (Espitia Iriarte, 2019).
- **Parámetros radiactivos**

2.4. Planeamiento del problema teórico

2.4.1. Situación del abastecimiento de agua para consumo humano en Ucayali

En la región Ucayali el abastecimiento de agua se lleva a cabo por parte de la empresa municipal de derecho privado EMAPACOP S.A. cuya

jurisdicción es la ciudad de Pucallpa, y se da mediante la captación de agua cruda superficial, siendo la de mayor aporte la fuente Superficial que capta las aguas del río Ucayali mediante un sistema de bombeo desde una balsa flotante hacia la Planta de Tratamiento de Agua (PTA) patentada tipo Degremont y la otra fuente subterránea a través de pozos tubulares profundos (National Research Council, 1979).

La empresa municipal de agua potable y alcantarillado de Coronel Portillo EPS EMAPACOP S.A, al 2010, la producción había alcanzado 11 538 000 m³ de agua potable para Ucayali². Y al año 2017 tenía una cobertura de agua potable del 46,1%, de desagüe el 45,6% de la población con una continuidad del servicio de aproximadamente 18 horas y presión promedio de 11,3 m.c.a. (EMAPACOP SA, 2013).

² Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI. Compendiado de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento- SUNASS, 2012.

Tabla 1. Producción de agua potable por la EPS EMAPACOP S.A.

Descripción	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Producción de Agua Potable (miles m3)	9 546	9 373	9 749	10 014	10 407	11 883	11 538
Conexiones de Agua Potable (Número)	22 366	21 765	22 183	22 477	22 757	22 944	23 107
Cubertura de Agua Potable en la Población (%)	46,7	43,7	43,4	77,8	80,3	43,9	78,6
Cubertura de Alcantarillado en la Población (%)	40,4	39,3	38,6	37,0	49,2	38,6	43,6
Porcentaje de hogares con abastecimiento por la Red Pública (%)		53,3	56,0	48,4	31,2	48,2	62,2

Fuente: (MINAM/INEI-ENAH0, 2003-2011).

Tabla 2. Formas de abastecimiento de agua para consumo humano (% respecto al total de hogares).

Red pública, dentro de la vivienda		Red pública, fuera de la vivienda pero dentro del edificio		Pilón de uso público		Camión - cisterna u otro similar		Pozo		Río, acequia, manantial o similar		Otra	
2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
60,4	64,4	1,7	1,5	-	0,2	4,5	2,7	9,9	8,8	16,7	14,6	6,8	7,8

Nota: Las actuales estimaciones de los indicadores provenientes de la Encuesta Nacional de Hogares (ENAH0), se ajustaron a las nuevas proyecciones de población a partir del Censo de Población de 2007.

Fuente: (MINAM/INEI-ENAH0, 2003-2011).

Red pública, dentro de la vivienda		Red pública, fuera de la vivienda pero dentro del edificio		Pozo séptico		Pozo ciego o negro/ letrina		Río, acequia o canal		No tiene	
2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
26,9	27,7	1,5	1,6	4,6	5,3	10,2	8,3	9,8	10,1	47,0	18,6

Nota: Las actuales estimaciones de los indicadores provenientes de la Encuesta Nacional de Hogares (ENAH0), se ajustaron a las nuevas proyecciones de población a partir del Censo de Población de 2007.

Fuente: (MINAM/INEI-ENAH0, 2003-2011).

En el cuadro siguiente se muestra la calidad bacteriológica de las aguas para consumo en la región Ucayali.

Tabla 3. *Calidad bacteriológica del agua para consumo humano.*

Agua segura 1/			Inadecuada dosificación de cloro 2/			Sin cloro 3/		
2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
5,4	6,0	7,8	23,9	26,0	11,7	70,7	68,0	80,5

1/ Incluye a los hogares que consumen agua con dosificación de cloro residual libre mayor o igual a 0,5 mg/l. 2/ Incluye a los hogares que consumen agua con dosificación de cloro residual libre de 0,1 mg/l a menos de 0,5 mg/l. 3/ Incluye a los hogares que consumen agua sin cloro residual libre.

Fuente: (MINAM/INEI-ENAH0, 2003-2011).

2.4.2. Situación de la calidad de agua para consumo humano en el distrito de Manantay, región Ucayali.

En la provincia de Coronel Portillo existen casos en los que el recurso hídrico está siendo explotado sin ninguna consideración necesaria para la propia salud, desconociendo la existencia de grandes focos contaminantes cerca de las fuentes de aguas superficiales y subterráneas, pueden estar afectando la calidad de las aguas y aumentando el riesgo a la salud pública. En el distrito de Manantay, existen muchos hogares que no están incluidos en el sistema de agua municipal distribuido por EMAPACOPSA S.A. Las fuentes de abastecimiento en los sectores en los que todavía EMAPACOP SA no brinda servicios de agua potable normalmente son pozos tubulares, en algunos casos artesanales de poca profundidad y fuente de agua superficial. (Campos Solorzano, Panduro Carbajal, Nieto Ampuero, Guadalupe Bailon, & Reategui Ramos, 2014)

2.4.3. Agua potable.

El agua potable, según se define en las *Guías para la calidad del agua potable* (2006), de la OMS, no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. Las personas que presentan mayor

riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos. El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal (OMS, 2006).

Existen varias tecnologías para potabilizar el agua. Cada una de éstas emplea diferentes etapas del proceso de potabilización para alcanzar bajas condiciones de riesgo. El agua puede recibir diferentes tratamientos, dependiendo del contaminante que se desee eliminar. Los tratamientos más comunes para potabilizar son:

- Precipitación de impurezas con floculantes o coagulantes
- Filtración con carbón activado
- Ósmosis inversa, y
- tratamientos de desinfección con:
- Cloro
- Ozono
- UV (ultravioleta)

A continuación, se describen algunas características de estos métodos:

Tabla 4. *Métodos de potabilización.*

MÉTODO DE POTABILIZACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Preparación de impurezas con floculantes o coagulantes	Adición de sustancias químicas que aglutinan sólidos en suspensión provocando su precipitación.
Filtros de carbón activado	Para purificar el agua de suministros, que en principio está libre de organismos patógenos (bacterias o virus). El filtro puede retener parte de estos microorganismos por el fenómeno de adsorción, pero no se garantiza el filtraje total.

Osmosis inversa	Las aguas duras contienen iones de calcio y magnesio que pueden precipitar combinados con iones como carbonatos, sulfatos o hidróxidos. Con la ósmosis inversa se consigue eliminar estos precipitados químicos.
Desinfección con cloro	Efectivo contra todo tipo de microorganismos. No da color, relativamente no tóxico. Fácil de preparar, disponible en sólido, líquido y gas, económico y no se afecta por agua dura y otros sanitizantes.
Ozono	Fuerte poder oxidante, consigue eliminar virus, bacterias y microorganismos resistentes al cloro. Es posible precipitar metales pesados que pueden encontrarse en disolución y eliminar compuestos orgánicos, pesticidas, olores y sabores extraños que el agua pudiera contener. Actúa con rapidez, lo cual permite realizar tratamientos muy efectivos en pocos segundos o minutos.
UV	Proceso de tratamiento inmediato, ninguna necesidad de contar con tanques de retención. No es necesario agregar químicos al abastecimiento de agua, ningún subproducto. No genera cambio en el sabor, olor, pH o conductividad, ni la química general del agua. Más efectivo contra el virus que el cloro.

Fuente: OMS. *Guías para la calidad del agua potable, 3ª ED.*

La potabilización puede realizarse a través de uno o varios métodos combinados. El tipo de tratamiento dependerá del uso que se le dé al agua en el proceso, por ejemplo, si el agua se utilizara como ingrediente debe asegurarse que se elimine la mayor cantidad de microorganismos y sustancias que puedan comprometer su inocuidad.

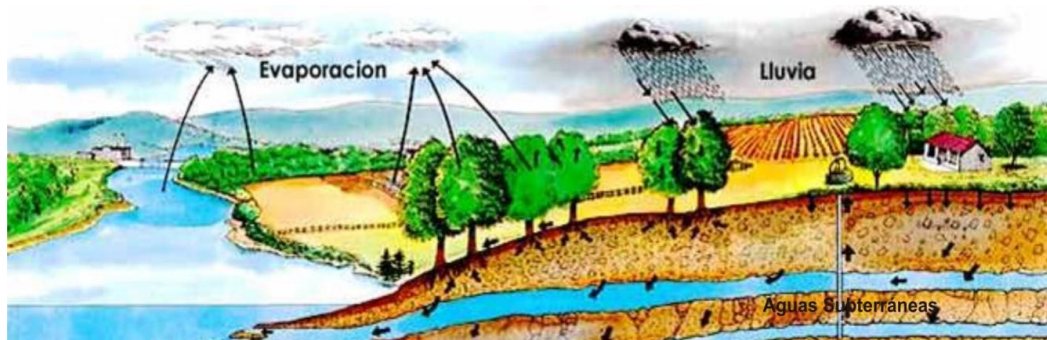
De acuerdo a lo referido, existen parámetros que caracterizan el agua potable y que se tendrán en cuenta para la producción de agua para el consumo humano.

2.4.4. Agua subterránea

Es aquella parte del agua existente bajo la superficie terrestre que puede ser colectada mediante perforaciones, túneles o galerías de drenaje

o la que fluye naturalmente hacia la superficie a través de manantiales o filtraciones a los cursos fluviales (Ordoñez Gálvez, 2011).

El agua subterránea forma parte del ciclo hidrológico, consiste en la continua circulación de agua entre la atmósfera, el subsuelo y las corrientes superficiales (Cerros, 2007).



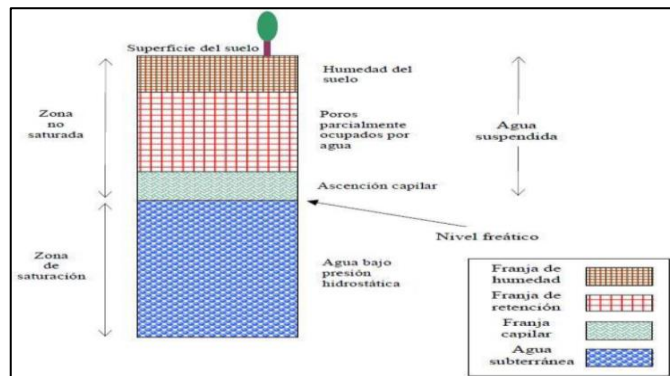
Fuente: (Ordoñez Gálvez, 2011).

Figura 3. El agua subterránea como parte del ciclo hidrológico.

Las precipitaciones se depositan en la superficie del suelo, después el agua se distribuye por la superficie del terreno en forma de escorrentía o flujo superficial, o bien infiltrándose. En el primer caso, la concentración de agua da lugar a la formación de un flujo canalizado, que se puede acumular en corrientes y ríos, para llegar finalmente al océano. En el último caso, el agua infiltrada y percola por gravedad (infiltración) hasta alcanzar un depósito subterráneo, o es devuelta a la atmósfera (evaporación) (Menéndez, 2010).

Las aguas infiltradas no evaporadas son conducidas hacia el medio subterráneo. Inicialmente atraviesan la zona no saturada, donde los poros existentes entre las partículas del suelo contienen tierra, humedad y aire. El agua puede abandonar esta zona y alcanzar la zona saturada, o bien permanecer en forma de humedad del suelo para luego ser devuelta a la atmósfera por medio de la vegetación, o por acción animal, en un proceso denominado evapotranspiración. Cuando el agua alcanza la zona saturada, va fluyendo desde áreas de alta carga hidráulica a otras de baja carga. Los estratos o capas del subsuelo que facilitan el movimiento de las aguas se

denominan acuíferos. Una vez incorporada al acuífero, se desplaza a través de los poros de los materiales subterráneos y puede reaparecer en superficie en aquellas zonas de niveles inferiores a los de recarga, descargando naturalmente en forma de manantiales o alimentando directamente al cauce, manteniendo el caudal de estiaje de los ríos (Menéndez, 2010) (ver **Figura 4**).



Fuente: (Menéndez, 2010).

Figura 4. Distribución de agua en el suelo y subsuelo.

(ARAU/GOREU, 2017), de acuerdo al mapa hidrogeológico del Perú, el departamento de Ucayali es uno de los departamentos con más sobreabundancia de agua subterránea, y se caracteriza por poseer un acuífero continuo de extensión regional. Su capacidad específica promedio es muy alta y con más de 5 l/s/m. La profundidad de la napa freática a nivel de valle de Pucallpa varía entre 2 y 18 m. Según los parámetros hidráulicos obtenidos mediante la ejecución de una (01) prueba de bombeo, el acuífero es libre y superficial y presenta condiciones hidráulicas aceptables y buenas. La conductividad eléctrica en el área de Pucallpa oscila de 0,015 a 0,97 mmhos/cm, valores que manifiestan al agua de baja mineralización. La dureza de las aguas varía de 1 a 485 mg/l, es decir aguas muy blandas a muy duras. El pH en el área fluctúa de 3,68 a 8,10; valores que representan aguas muy ácidas a alcalinas.

Conforme a los resultados de los análisis bacteriológicos, en la mayoría de sectores del valle de Pucallpa, las aguas subterráneas no son aptas para consumo humano, requieren ser tratadas antes de consumirse. Se inventarió un total de 3,388 pozos. La explotación de la napa freática

mediante las fuentes de agua subterránea (pozos) es de 3'731,792.26 m³. (3,73 MMC). La más común extracción se produce mediante los pozos tubulares utilizados para uso doméstico (3'145,209.81 m³) seguido por los de uso industrial (566,258.20 m³) (ARAU/GOREU, 2017).

a. Características microbiológicas del agua.

Coliformes totales y termotolerantes:

No todos los Coliformes son de origen fecal, por lo que se hizo necesario desarrollar pruebas para diferenciarlos a efectos de emplearlos como indicadores de contaminación. Se distinguen, por lo tanto, los Coliformes totales -que comprende la totalidad del grupo- y los Coliformes fecales- aquellos de origen intestinal-. Desde el punto de vista de la salud pública esta diferenciación es importante puesto que permite asegurar con alto grado de certeza que la contaminación que presenta el agua es de origen fecal (Custodio & Llamas, 1983).

Las bacterias coliformes fecales forman parte del total del grupo Coliforme. La mayor especie en el grupo de Coliforme fecal es el *Escherichia coli*. La presencia de coliformes en el suministro de agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (Custodio & Llamas, 1983).

b. Características Físicas del Agua Subterránea.

Color: En general presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos vegetales, como el color amarillento debido a los ácidos húmicos. La presencia de hierro puede darle color rojizo, y la del manganeso un color negro. El color afecta estéticamente la potabilidad de las aguas, puede representar un potencial de ciertos productos cuando se utiliza como material de proceso (Custodio & Llamas, 1983).

Sabor y olor: El sabor y olor del agua son determinaciones organolépticas de determinación subjetiva, para los que no existen instrumentos de observación, ni registro, ni unidades de medida. Tienen un interés evidente en las aguas potables destinadas al consumo humano. Las aguas adquieren un sabor salado a partir de los 300 ppm de Cl^- , y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de SO_4^{2-} . El CO_2 le da un gusto picante. Trazas de fenoles u otros compuestos orgánicos le confieren un color y sabor desagradables (Custodio & Llamas, 1983).

Conductividad eléctrica: es la capacidad del agua para conducir electricidad y la resistividad eléctrica se define analógicamente como el inverso de la conductividad. La variación de temperatura modifica notablemente la conductividad, para disoluciones diluidas se estima que el aumento de temperatura en 1°C se traduce en un aumento aproximado del 2% en la conductividad (Custodio & Llamas, 1983).

Temperatura: En las aguas subterráneas este parámetro es muy poco variable y responde a la media anual de las temperaturas atmosféricas del lugar, algunos incrementos son producto de la actividad geotérmica (Custodio & Llamas, 1983).

Turbidez: Las aguas subterráneas suelen tener valores inferiores a 1 ppm de sílice, pero las superficiales pueden alcanzar varias decenas. Las aguas con 1 ppm son muy transparentes y permiten ver a través de él hasta profundidades de 4 o 5 m (Custodio & Llamas, 1983).

c. Características químicas del agua subterránea.

pH: Juega un papel importante en muchos procesos químicos y biológicos de las aguas subterráneas tales como el equilibrio de carbonatos, procesos redox, solubilidad de metales pesados entre otros (Custodio & Llamas, 1983).

Oxígeno disuelto: En la mayoría de las aguas subterráneas las concentraciones oscilan entre $0\text{-}5\text{ mgL}^{-1}$; aunque son frecuentes las concentraciones inferiores a 2 mgL^{-1} (Custodio & Llamas, 1983).

Dureza: La dureza de las aguas subterráneas varía entre 10 y 300 mgL⁻¹ de CO₃Ca pudiendo llegar a 1000 mgL⁻¹ o más (Custodio & Llamas, 1983).

Alcalinidad: En la mayoría de las aguas naturales la alcalinidad está producida por los iones carbonato y bicarbonato, los valores están entre 100 mgL⁻¹ y 300 mgL⁻¹ a veces entre 50 y 500 mgL⁻¹ de CaCO₃, excepcionalmente hasta 1000 mgL⁻¹ (Custodio & Llamas, 1983).

Constituyentes iónicos principales y secundarios: La gran mayoría de las sustancias disueltas en agua subterránea se encuentran en estado iónico. En el agua subterránea los cationes y los aniones fundamentales son los siguientes: (Custodio & Llamas, 1983).

Aniones

- Cloruros (Cl⁻)
- Sulfatos (SO₄⁻²)
- Bicarbonatos (HCO₃⁻) y Carbonatos (CO₃²⁻)
- Nitratos (NO₃⁻)
- Los nitritos (NO₂⁻)
- El amonio (NH₄⁺)
- Sílice (Si⁺)

Cationes

- Calcio (Ca⁺²)
- Magnesio (Mg⁺²)
- Potasio (K⁺)
- Hierro (Fe⁺³)

2.4.5. Agua purificada

El agua purificada tiene el fin de representar el menor riesgo posible para la salud ante la ingesta del agua con una determinada composición. Es importante entender que el agua no se encuentra en la naturaleza en su

forma químicamente pura, puesto que disuelve ávidamente a la mayoría de los compuestos sólidos, líquidos o gaseosos y, que en su forma natural se encuentra normalmente impregnada de ellos. Esto en sí es bueno, pues es precisamente el oxígeno disuelto el que permite la vida acuática; y los sólidos en solución modulan su actividad química y son aprovechados por los seres vivos. Además, el agua químicamente pura no es apropiada para la vida. Pero esta propiedad de disolver compuestos extraños a ella es la que provoca serios problemas de contaminación: los desechos domésticos o industriales incorporados a las masas de agua llegan a hacerla inadecuada y hasta peligrosa para la vida (Salinas, 2017).

2.4.6. Ósmosis inversa, tecnología para producir agua destinada al consumo en instituciones educativas.

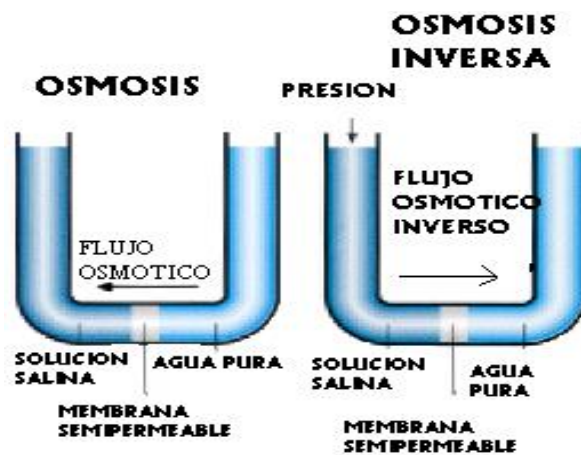
a. La ósmosis y la ósmosis inversa

(Manuel Ortega, 2001), La Ósmosis es un fenómeno muy común en la naturaleza. Tanto el organismo de los animales y plantas como el propio cuerpo humano se sirven de la Ósmosis para realizar una gran cantidad de procesos. Cuando dos fluidos de distinta densidad se encuentran separados por una membrana semipermeable existe una diferencia de presión entre ambos, y el fluido menos denso tiende a pasar a través de la membrana hasta equilibrar dicha presión. Este es el fenómeno conocido como Ósmosis.

La ósmosis es un tipo de difusión pasiva caracterizada por el paso del agua (disolvente) a través de la membrana semipermeable desde la solución diluida (hipotónica) a la más concentrada (hipertónica) hasta que las soluciones tengan la misma concentración (isotónicas o isosmóticas). El agua (solvente), impulsada por una fuerza ocasionada por la diferencia de energía originada a su vez por una concentración (la presión osmótica) pasa por la membrana a la solución concentrada. El flujo del agua continúa hasta que la solución concentrada está diluida, y la contrapresión evita que se produzcan otros flujos a través de la membrana (equilibrio osmótico). El proceso de ósmosis natural se muestra en la figura 5.

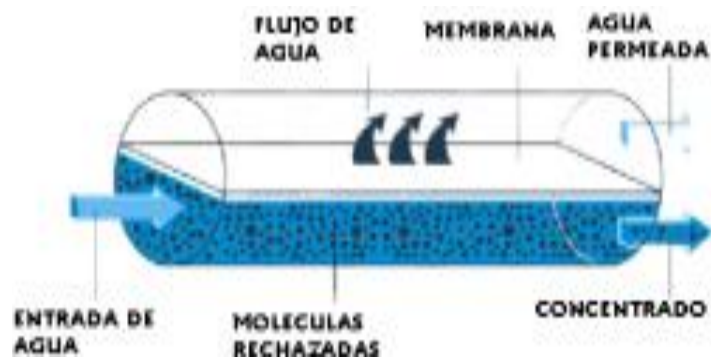
La presión osmótica es aquella presión necesaria para detener el flujo de agua a través de la membrana. En el equilibrio la presión osmótica es igual a la presión osmótica aparente. “La presión osmótica aparente es la medida de la diferencia de energía potencial entre ambas soluciones” (Textos Científicos, 2007)

“El flujo del solvente es una función de la presión aplicada, la presión osmótica aparente y del área de la membrana presurizada” (Textos Científicos, 2007)



Fuente: (Manuel Ortega, 2001)

Figura 5. Representación de la Ósmosis y la Ósmosis Inversa.



Fuente: (Manuel Ortega, 2001).

Figura 6. Corte y funcionamiento de una membrana de Ósmosis Inversa.

La osmosis inversa es una tecnología que garantiza el tratamiento desalinizador, físico, químico y bacteriológico del agua por eso puede afirmarse que la ósmosis inversa soluciona muchas de las deficiencias de la destilación y el intercambio iónico. La ósmosis inversa funciona mediante membranas, que actúan como filtro, reteniendo y eliminando la mayor parte

de las sales disueltas al tiempo que impiden el paso de las bacterias y los virus, obteniéndose un agua pura y esterilizada (Cubas Llatas & Diaz Perez, 2014), (Semino-Zelada, 2015).

Este proceso aplica presión para superar la presión osmótica del agua a tratar. El sistema toma su nombre por realizarse el paso de las soluciones en forma contraria a los procesos osmóticos normales. Es decir, las soluciones menos concentradas se desplazan, por diferencia de energía potencial, hacia las más concentradas, a través de una membrana semipermeable, con la necesidad de aplicar una fuerza externa para lograr la separación del agua de las sales (ARREGUÍN, 2000)

“Si lo que se busca con este tratamiento es obtener una corriente de agua lo más diluida posible debemos invertir el fenómeno. Para ello hay que vencer la presión osmótica natural mediante la aplicación en sentido contrario de una presión mayor. Cuando se logra invertir el fenómeno estamos en presencia de ósmosis inversa”. En la figura 5 y figura 6 se ilustra el proceso de ósmosis inversa, en este proceso “si a una corriente de agua salada se le aplica una presión mayor que la presión osmótica aparente, lograremos obtener un equilibrio distinto del anteriormente descrito, en el cual se generan simultáneamente dos productos:” (1) Uno que atraviesa la membrana, queda libre de sólidos disueltos como minerales, materia orgánica, etc. y de microorganismos tales como virus, bacterias, etc.: permeado (agua purificada). (2) El otro se va concentrando en esos mismos productos sin que lleguen a depositarse en la membrana, y se eliminan en forma continua, constituyendo el concentrado (agua residual) (Semino-Zelada, 2015).

Excel Water Technologies INC., indica que, la relación entre producto y concentrado constituye la recuperación, expresada en porcentaje de rechazos para: sulfatos (98 %), arsénico (99 %), fluoruros (97 %), nitratos (91 %), bacterias, virus y hongos más del 98 % (Semino-Zelada, 2015).

b. Factores de funcionamiento de ósmosis inversa (*Semino-Zelada, 2015*).

- **Presión:** A mayor presión mayor es el flujo a través de la membrana (producto) y mayor es el grado de retención de sales hasta límites permisibles de diseño.
- **Temperatura:** Con una configuración y caudal determinados la calidad varía directamente con la temperatura, entonces a mayor temperatura mayor será el contenido salino en el producto.
- **Calidad agua cruda:** Si tenemos una mejor calidad de agua de alimentación mayor será la calidad del agua producto y el tiempo de vida de las membranas. Para ello se recomienda un pretratamiento antes de ósmosis inversa.
- **Relación conversión-producción:** Es la cantidad de agua tratada respecto al caudal de alimentación. Cuando esta relación aumenta se incrementa el aprovechamiento del agua de alimentación y la concentración de sales.

c. Pretratamiento del agua a tratar por ósmosis inversa

El pretratamiento del agua de abastecimiento para las instalaciones de ósmosis inversa influirá en la eficacia de la instalación. La forma del pretratamiento requerido depende de la calidad del agua entrante. El fin del pretratamiento es disminuir el contenido en materia orgánica y la cantidad de bacterias. En la tabla 5 se indican los parámetros que debe cumplir el agua a tratar por ósmosis inversa; una planta de ósmosis inversa necesita de pretratamientos antes de pasar por la ósmosis inversa: coagulación, desinfección, filtración, ablandamiento (*Semino-Zelada, 2015*).

El contenido en materia orgánica y las cantidades de bacterias deben ser lo más bajos posible para prevenir la llamada bio-obstrucción de membranas. La aplicación del pre-tratamiento trae varios beneficios (*Semino-Zelada, 2015*):

- Las membranas tienen un mayor tiempo de vida cuando se realiza un pretratamiento.
- Se extiende el tiempo de producción de la instalación.
- Las tareas de mantenimiento se simplifican.
- Los costes de operación son menores.

La ultrafiltración es el mejor pretratamiento disponible para la ósmosis inversa. La principal ventaja es la mejor calidad de agua producida con una turbidez media de 0,07 NTU y SDI < 3. Esto permite mejorar el flujo en las membranas hasta en un 20 % y reducir la frecuencia de sus limpiezas químicas aumentando la producción de la planta y la vida útil de las membranas (Semino-Zelada, 2015).

Tabla 5. *Requerimientos del agua de alimentación para el equipo de ósmosis inversa.*

FACTOR	REQUERIMIENTO
Dureza	< 1700 ppm
Cloro	0 ppm
Sólidos totales disueltos (STD)	< 2000 ppm
Índice de densidad de Sedimentación (IDS)	< 5
Ph	3 – 11
Hierro	< 0,01 ppm
Sílice	< 25 ppm
Manganeso	< 0,05 ppm
Turbiedad	< 1 NTU
Temperatura	4 °C - 32 °C
Presión	10 - 90 PSI

Fuente: *Vigaflow. Ósmosis inversa industrial. (s/f). Recuperado de:*

http://www.vigaflow.com/industrial/fichas/ft_osmosis_inversa_industrial.pdf

El carbón activado puede eliminar compuestos orgánicos y cloro libre. Se puede colocar también antes del ósmosis inversa un filtro submicrométrico que actúe como barrera física al paso de partículas y microorganismos. Los filtros pueden ser de polipropileno bobinados o de polipropileno expandido (Semino-Zelada, 2015).

d. Eficiencia de ósmosis inversa

Un gran porcentaje (50 % - 90 %) del agua de alimentación no pasa por la membrana, pero corre del otro lado, limpiando el agua continuamente

y tiene los sólidos inorgánicos y orgánicos para drenarlos. Esa agua se llama agua "rechazada".

La recuperación obtenida es igual al caudal producido respecto al agua de alimentación. Actualmente se supera el 60 % de recuperación dado que se recicla el concentrado y se vuelve a procesar.

En el agua rechazada los contaminantes pueden ser 10 a 15 veces más concentradas que el agua cruda. En condiciones normales los sistemas convencionales de ósmosis inversa experimentan una disminución del caudal del producto que puede llegar al 50 % a medida que disminuye la temperatura del agua.

e. Ventajas del uso de ósmosis inversa en el tratamiento de agua

El proceso de ósmosis inversa (OI), es un método práctico y eficaz para el tratamiento de agua para consumo humano. En la tabla 5 se muestra una comparación con algunas de las tecnologías de tratamiento de agua.

Tabla 6. Comparación de tecnologías de purificación de agua.

Tecnología	As	Bacteria	Sabor y olor	Cl	F	Metales pesados	Nitratos	Ra	Sedimento	Virus	VOC
Carbón Activado	●	○	●	●	○	●	○	●	●	○	●
Ósmosis Inversa	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●
Ultravioleta	○	●	○	○	○	○	○	○	○	●	○

● = Remoción efectiva; ● = Remoción significativa; ○ = Remoción mínima

Fuente: *Aquapurificación. Ósmosis inversa. (s/f). Recuperado de:*

www.aquapurificacion.com/osmosis-inversa-hogar.htm

2.4.7. Vigilancia y control de la calidad

La vigilancia es una actividad de investigación cuya finalidad es identificar y evaluar posibles riesgos para la salud asociados al agua de consumo humano. La vigilancia contribuye a proteger la salud pública

mediante la promoción de la mejora de la calidad, cantidad, accesibilidad, cobertura (poblaciones con acceso confiable), asequibilidad y continuidad del abastecimiento de agua de consumo humano (denominados “indicadores de servicio”). La autoridad responsable de la vigilancia debe tener competencia para determinar si un proveedor de agua está cumpliendo con sus obligaciones (OMS, 2011), (SAG, 2016).

En la mayoría de los países, el organismo responsable de la vigilancia de los servicios de abastecimiento de agua de consumo humano es el ministerio de salud (o de salud pública) y sus oficinas regionales o departamentales (OMS, 2011), (SAG, 2016).

a. Vigilancia sanitaria del agua para consumo humano en el Perú.

En el Perú la vigilancia sanitaria del agua para consumo humano es considerada como una atribución de la Autoridad de Salud, que se define y rige como (MINSAL, 2011), (Galindo Huamaní, 2018):

- La sistematización de un conjunto de actividades realizadas por la Autoridad de Salud, para identificar y evaluar factores de riesgo que se presentan en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, desde la captación hasta la entrega del producto al consumidor, con la finalidad de salvaguardar la salud de los consumidores en el cumplimiento de los requisitos normados en este Reglamento;
- Un sistema conducido por la Autoridad de Salud, el cual está conformado por consumidores, proveedores, instituciones de salud y de supervisión de ámbito local, regional y nacional; y
- El establecimiento de prioridades y de estrategias para la prevención o eliminación de los factores de riesgo en el abastecimiento del agua, que la Autoridad de Salud establezca para el cumplimiento por el proveedor.

2.4.8. Agentes nocivos para la salud de las personas presentes en el agua para el consumo humano.

a. Aspectos Microbiológicos

El mayor riesgo a la salud pública debido a los microbios del agua generalmente se relaciona con el consumo de agua de consumo humano contaminada con heces humanas o de animales, aunque puede haber otras fuentes y vías de exposición significativas. Los microorganismos transmitidos por el agua que pueden causar enfermedades incluyen (OMS, 2011):

- Bacterias, virus, protozoos y helmintos
- Posibles agentes patógenos emergentes, incluidos *Helicobacter pylori*, *Tsukamurella*, *Isospora belli* y los microsporidios, cuya transmisión por el agua es admisible, pero no se ha confirmado;
- Cianobacterias potencialmente tóxicas.

La gravedad de los efectos sobre la salud humana ocasionados por organismos transmitidos por el agua es variable, desde gastroenteritis leve hasta diarrea grave, a veces mortal, disentería, hepatitis y fiebre tifoidea. El agua contaminada puede ser la fuente de grandes brotes de enfermedades, como el cólera, la disentería y la criptosporidiosis; sin embargo, la mayoría de los agentes patógenos transmitidos por el agua presentan otras vías de infección importantes, como el contacto de persona a persona y la transmisión por los alimentos.

La mayoría de los agentes patógenos transmitidos por el agua ingresan a los sistemas de abastecimiento de agua mediante las heces humanas o de animales, no se reproducen en el agua e inician la infección en el tracto gastrointestinal después de su ingestión.

De todos los agentes patógenos transmitidos por el agua, el helminto *Dracunculus medinensis* es un caso particular, porque es el único agente patógeno que se transmite exclusivamente por beber agua sin tratamiento

o con un tratamiento deficiente. A continuación, se detalla información sobre agentes patógenos transmitidos por el agua.

Patógenos emergentes transmitidos por el agua

Los patógenos reemergentes son aquellos cuya incidencia está aumentando como resultado de cambios a largo plazo en su epidemiología subyacente (Woolhouse, 2002), (WHO, 2003). En base a estos criterios mencionados, 175 especies de agentes infecciosos de 96 géneros diferentes se clasifican como patógenos emergentes. De este grupo, el 75% son especies zoonóticas. Además, en 2001, una revisión de la literatura científica identificó 1415 especies de organismos infecciosos que se sabe que son patógenos para los seres humanos, incluidos 217 virus y priones, 538 bacterias y rickettsias, 307 hongos, 66 protozoos y 287 helmintos. De estos, el 61% eran zoonóticos y el 12% estaban asociados con enfermedades consideradas emergentes. Desde 1970, se han confirmado como patógenos varias especies de microorganismos de las heces humanas y animales y de fuentes ambientales, incluida el agua. (WHO, 2003).

- **Bacterias patógenas**

las bacterias son generalmente el grupo de agentes patógenos más sensible a la inactivación por la desinfección. Algunos organismos patógenos de vida libre, pueden proliferar en el agua; pero las bacterias entéricas normalmente no crecen en el agua y sobreviven durante periodos más cortos que los virus o protozoos. La mayoría de las bacterias patógenas que pueden ser transmitidas por el agua infectan el tracto gastrointestinal y son excretadas en las heces de las personas o animales infectados (OMS, 2011).

- **Protozoos patógenos**

Los protozoos y helmintos están entre las causas más comunes de infecciones y enfermedades que afectan al ser humano y a otros animales. Las enfermedades que ocasionan tienen una gran repercusión en el ámbito

socioeconómico y en la salud pública. El agua desempeña una función importante en la transmisión de algunos de estos agentes patógenos. El control de la transmisión por el agua plantea retos importantes, porque la mayoría de los agentes patógenos produce quistes y/o huevos que son extremadamente resistentes a los procesos utilizados generalmente en la desinfección del agua y, en algunos casos, puede ser difícil eliminarlos mediante procesos de filtración. Algunos de estos organismos ocasionan “enfermedades emergentes”. En los últimos 25 años, el ejemplo más notable de enfermedad emergente ocasionada por un protozoo patógeno es la criptosporidiosis. Otros ejemplos de este tipo de enfermedades son las ocasionadas por microsporidios y por *Cyclospora*. Como las pruebas de la transmisión hídrica de “enfermedades emergentes” han sido notificadas hace relativamente poco, todavía deben aclararse algunas cuestiones sobre sus características epidemiológicas y su comportamiento ante procesos de tratamiento y desinfección del agua. Parece ser que la importancia y complejidad de la función del agua en la transmisión de este grupo de agentes patógenos podría aumentar substancialmente al crecer las poblaciones de seres humanos y de animales, así como la demanda de agua de consumo humano. Se proporciona información adicional sobre enfermedades emergentes en: *Emerging issues in water and infectious disease* (WHO, 2003) y en publicaciones relacionadas.

- **Helmintos patógenos**

La palabra “helminto” procede del griego y significa “gusano”, y hace referencia a todos los tipos de gusanos, tanto los parasitarios como los de vida libre. Los principales gusanos parásitos se clasifican principalmente en el filo Nematoda (lombrices) y el filo Platyhelminthes (platelmintos, incluidos los trematodos y cestodos). Los helmintos parásitos infectan a numerosas personas y animales en todo el mundo. El agua de consumo humano no es una vía de transmisión significativa para la mayoría de los helmintos. Hay dos excepciones: *Dracunculus medinensis* (gusano de Guinea) y *Fasciola* spp. (*F. hepatica* y *F. gigantica*) (trematodos hepáticos). Ambos nematodos necesitan huéspedes intermedios para completar sus ciclos biológicos,

pero se transmiten por el agua de consumo humano mediante mecanismos diferentes. Otras helmintiasis (ascariasis, tricuriasis, anquilostomiasis y estrogiloidiasis) pueden transmitirse por contacto con el agua (esquistosomiasis) o están asociadas al uso agrícola de aguas residuales sin tratar, pero no suelen transmitirse por el agua de consumo humano.

- **Nematodos de vida libre**

Los nematodos son los animales metazoos (pluricelulares) más numerosos en la Tierra. Muchos de ellos son parásitos de insectos, plantas o animales, incluidos los humanos. Las especies de vida libre son abundantes en ambientes acuáticos, tanto de agua dulce como salada, y del suelo. No solo comprende la vasta mayoría de especies que falta entender biológicamente, sino que puede haber miles de especies desconocidas de nematodos aún por descubrir. Los nematodos tienen una estructura simple, con el tracto digestivo que va desde la boca en el extremo anterior hasta la apertura posterior cerca de la cola, por los que se les caracteriza. Los nematodos se encuentran en los sistemas de agua de consumo humano y su tamaño varía desde 0.1 mm a más de 0.6 mm.

Se han distinguido cerca de 20 órdenes diferentes en el filo Nematoda. Cuatro de estas órdenes (Rhabditida, Tylenchida, Aphelenchida y Dorylaimida) son comunes particularmente en el suelo. Los nematodos de vida libre no patógenos que se han encontrado en el agua de consumo humano incluyen *Cheilobus*, *Diplogaster*, *Tobrilus*, *Aphelenchus* y *Rhabditis*.

Existen preocupaciones potenciales sobre la salud debido a la exposición a nematodos a través de la ingestión de agua de consumo humano, el agua recreativa y el consumo de verduras frescas regadas con aguas residuales no tratadas. Distinguir las larvas patógenas de los anquilostomas y lombrices de nematodos no patógenos de vida libre en el agua es difícil y requiere un conocimiento especial de nematología.

En los sistemas de agua de consumo humano por tuberías que están bien mantenidos no se encuentra normalmente gran cantidad de nematodos. Los huevos o larvas infectantes de especies parasitarias de los seres humanos (*Ascaris*, *Trichuris*, *Ancylostoma*, *Necator* y *Strongyloides*) y muchos nematodos no patógenos no suelen estar presentes en las fuentes de aguas subterráneas protegidas o se eliminan generalmente durante los procesos de tratamiento. En algunas circunstancias, cuando el agua tiene alto contenido de nutrientes o de materia orgánica y las temperaturas ambientales son apropiadas, es posible que los nematodos de vida libre se alimenten de las bacterias de las biopelículas o en los lodos de los procesos de tratamiento, o en la red de agua y, por lo tanto, se multiplican dentro del sistema. Esto ocurre especialmente si las fuentes de agua de consumo humano no están protegidas de manera adecuada, si los sistemas de tratamiento no son adecuados o no se operan y mantienen adecuadamente, si el sistema de distribución tiene fugas o si hay muchas zonas con agua estancada o "muerta" en el sistema de distribución. La detección de un gran número de nematodos (vivos y muertos) en el agua de consumo humano indica que hay un problema que necesita ser resuelto, sin que implique necesariamente un riesgo directo para la salud.

- **Virus (Virus patógenos)**

La mayoría de los virus asociados con la transmisión por el agua son los que pueden infectar el aparato digestivo y son excretados en las heces de las personas infectadas (virus entéricos). Con la excepción del virus de la hepatitis E, el ser humano se considera la única fuente de especies de virus que infectan a nuestra especie. Los virus entéricos habitualmente ocasionan enfermedades agudas con un periodo de incubación corto.

El agua puede también contribuir a la transmisión de otros virus con modos de acción diferentes. Hay muy diversos tipos de virus que pueden ocasionar muy diversas infecciones y síntomas, con distintas vías de transmisión, vías y lugares de infección y vías de excreción. Pueden darse combinaciones de vías y lugares de infección, y no siempre siguen patrones previstos.

b. Aspectos Químicos

A continuación, se detalla información sobre aspectos químicos, sus efectos sobre la salud humana, fuentes y ocurrencia, vías de transmisión y la relevancia del agua de consumo humano como fuente de infección.

• Cloro

El cloro está presente en la mayor parte del agua potable desinfectada en concentraciones de 0,2 a 1 mg / litro. Las principales vías de exposición al cloro son a través del agua potable, los alimentos y el contacto con artículos blanqueados o desinfectados con él. El cloro reacciona con el agua formando ácido hipocloroso e hipocloritos (WHO, 2003).

La mayoría de las personas pueden detectar, mediante el olfato o el gusto, la presencia en el agua de uso y consumo humano de concentraciones de cloro bastante menores que 5 mg/l, y algunas incluso pueden detectar hasta 0.3 mgL^{-1} (OMS, 2011). La exposición al cloro, el ácido hipocloroso y el ion hipoclorito a través de la ingestión de lejía doméstica ocurre con mayor frecuencia en los niños. La ingesta de una pequeña cantidad de lejía generalmente produce irritación del esófago, sensación de ardor en la boca y garganta y vómitos espontáneos. En estos casos, no está claro si es el hipoclorito de sodio o la naturaleza extremadamente cáustica del blanqueador lo que causa la lesión tisular. En un estudio sobre los efectos del aumento progresivo de las dosis de cloro (0, 0,001, 0,014, 0,071, 0,14, 0,26 o 0,34 mg / kg de peso corporal) en voluntarios varones sanos (10 por dosis), no hubo efectos adversos, efectos toxicológicos fisiológicamente significativos en todos los grupos de estudio. Sin embargo, se ha informado que el asma puede desencadenarse por la exposición al agua clorada, y los episodios de dermatitis también se han asociado con la exposición al cloro y al hipoclorito. A partir de un estudio de 46 comunidades en el centro de Wisconsin, los autores especularon que el cloro y el calcio en el agua potable pueden interactuar de alguna manera que afecte los niveles de lípidos. Y según el Instituto

Nacional del Cáncer, existiría un mayor riesgo de cáncer de vejiga que parece estar asociado con el consumo de agua del grifo clorada, según un estudio de casos y controles basado en la población de adultos que consumieron agua clorada o no clorada durante la mitad de su vida (WHO, 2003).

- **Aluminio**

El aluminio es el elemento metálico más abundante y constituye alrededor del 8% de la corteza terrestre. El aluminio se libera al medio ambiente principalmente por procesos naturales. Varios factores influyen en la movilidad del aluminio y el transporte posterior dentro del medio ambiente. El aluminio puede presentarse en varias formas diferentes en el agua. La química del aluminio en el agua es muy compleja. Es usual la utilización de sales de aluminio en el tratamiento del agua como coagulantes para reducir el color, la turbidez, y el contenido de materia orgánica y de microorganismos, este uso puede incrementar la concentración de aluminio en el agua tratada; una concentración residual alta puede dar al agua color y turbidez no deseables. La concentración de aluminio que ocasiona estos problemas es, en gran medida, función de varios parámetros de calidad del agua y factores relativos al funcionamiento de la planta de tratamiento del agua. La contribución del agua de consumo a la exposición total por vía oral al aluminio suele ser menor que el 5% de la ingesta total (WHO, 2010), (OMS, 2011), (Arce Castro, 2013).

En cuanto al grado de absorción depende de varios parámetros, como el tipo de sal de aluminio administrada, el pH (que influye en la especiación y solubilidad del aluminio), la biodisponibilidad y factores nutricionales. Aunque se reconocen los efectos beneficiosos del uso de aluminio como coagulante en el tratamiento del agua se tiene en cuenta los posibles efectos perjudiciales para la salud del aluminio, es decir, su posible neurotoxicidad. Las fuentes más comunes de aluminio en el agua de uso y consumo humano son el aluminio de origen natural y las sales de aluminio utilizadas como coagulantes en el tratamiento del agua. La presencia de aluminio en concentraciones mayores a $0.1\text{--}0.2\text{ mgL}^{-1}$ suele ocasionar

quejas de los consumidores como consecuencia de la precipitación del floculo de hidróxido de aluminio en los sistemas de distribución y el aumento de la coloración del agua por el hierro (WHO, 2010), (OMS, 2011), (Arce Castro, 2013).

- **Boro**

El boro se encuentra de forma natural en aguas subterráneas principalmente por el lixiviado de rocas y suelos que contienen boratos y borosilicatos, pero la presencia de borato en aguas superficiales con frecuencia es consecuencia del vertido de efluentes de aguas residuales tratadas (a las que accede por su utilización en ciertos detergentes) en aguas superficiales. (OMS, 2006), (OMS, 2011)

- **Bario**

El bario es un oligoelemento presente en las rocas ígneas y sedimentarias. Sus compuestos tienen una gran diversidad de aplicaciones industriales, pero el bario presente en el agua proviene principalmente de fuentes naturales, aunque el bario también ingresa al ambiente por las emisiones industriales y usos antropogénicos. Los alimentos son la fuente principal de consumo para la población que no está expuesta por motivos laborales, aunque si la concentración de bario del agua es elevada, el agua de consumo puede contribuir significativamente a la ingesta total. No hay pruebas de que el bario sea cancerígeno o mutágeno. Pero ha comprobado que el bario produce nefropatías en animales de laboratorio, pero el criterio de valoración toxicológico que implica un mayor riesgo para las personas parece ser su potencial para causar hipertensión (OMS, 2006), (OMS, 2011).

- **Cadmio**

El cadmio se libera al medio ambiente en las aguas residuales, y los fertilizantes y la contaminación aérea local producen contaminación difusa. Las impurezas de cinc de las soldaduras y las tuberías galvanizadas y algunos accesorios de fontanería metálicos también pueden contaminar el

agua de consumo (OMS, 2006), (OMS, 2011). La absorción de los compuestos de cadmio depende de su solubilidad. El cadmio se acumula principalmente en los riñones y su semivida biológica en el ser humano es prolongada, de 10 a 35 años. Aunque no hay pruebas de que el cadmio sea cancerígeno por vía oral ni pruebas concluyentes de su genotoxicidad, la toxicidad del cadmio afecta principalmente al riñón. La concentración crítica de cadmio en la corteza renal que produciría una prevalencia del 10% de proteinuria de bajo peso molecular en la población general es de unos 200 mg/kg y se alcanzaría tras una ingesta alimentaria diaria de unos 175 µg por persona durante 50 años (OMS, 2006), (OMS, 2011).

- **Cromo total**

El cromo es un elemento distribuido extensamente en la corteza terrestre (OMS, 2006). La ingesta media de cromo de los alimentos y el agua oscila entre 52 y 943 µg/día. En general, los alimentos son la fuente principal de ingesta de cromo (OMS, 2011) sin embargo la ingesta de agua potable puede contribuir sustancialmente cuando los niveles totales de cromo están por encima de 25 µgL⁻¹ (WHO, 2003). El contenido de cromo total natural de las aguas superficiales es de aproximadamente 0,5 a 2 µgL⁻¹ y el contenido de cromo disuelto de 0,02 a 0,3 µgL⁻¹. La mayoría de las aguas superficiales contienen entre 1 y 10 µg de cromo por litro. En general, el contenido de cromo de las aguas superficiales refleja el alcance de la actividad industrial (WHO, 2003). Respecto a la exposición total estimado y la contribución relativa de agua de consumo, la ingesta media de cromo de los alimentos y el agua oscila entre 52 y 943 µg/día (WHO, 1988). Los alimentos contribuyeron del 93 al 98% de la ingesta total y el agua del 1,9 al 7%, la contribución del aire fue insignificante. En general, los alimentos parecen ser la principal fuente de ingesta, sin embargo, la ingesta de agua potable puede contribuir sustancialmente cuando los niveles totales de cromo están por encima de 25 µgL⁻¹ (WHO, 2003). Los efectos en humanos se manifiestan por exposición aguda mediante la ingestión de 1 a 5 g de "cromato" (sin especificar más) que produce efectos graves como trastornos gastrointestinales, diátesis hemorrágica y convulsiones. Puede

ocurrir la muerte después de un shock cardiovascular. En relación a la contribución relativa al riesgo Carcinogénico por ingesta, los datos epidemiológicos no permiten una evaluación de las contribuciones relativas al riesgo carcinogénico del cromo metálico, cromo (III) y cromo (VI) o de compuestos de cromo solubles versus insolubles, pero parece que la exposición a una mezcla de compuestos de cromo (VI) de diferentes solubilidades resultan un el mayor riesgo para los humanos. La IARC ha clasificado el cromo (VI) en el Grupo 1 (carcinógeno para los humanos) y el cromo metálico y el cromo (III) en el Grupo 3 (no clasificable en cuanto a su carcinogenicidad para los humanos) (WHO, 2003), (OMS, 2006), (OMS, 2011).

- **Cobre**

Es un nutriente esencial y, al mismo tiempo, un contaminante del agua de consumo. Además de tiene muchos usos comerciales en ocasiones es usado como sulfato de cobre pentahidratado para el control de algas en las aguas superficiales. Las concentraciones de cobre en el agua de consumo varían mucho, y la fuente principal más frecuente es la corrosión de tuberías de cobre interiores. Las concentraciones suelen ser bajas en muestras de agua corriente o que se ha dejado correr prolongadamente, mientras que en muestras de agua retenida o que se ha dejado correr poco tiempo son más variables y suelen ser considerablemente más altas (con frecuencia $>1 \text{ mgL}^{-1}$). La concentración de cobre en el agua tratada suele aumentar durante su distribución, sobre todo en sistemas con pH ácido o en aguas con concentración alta de carbonato, con pH alcalino. Las fuentes principales de exposición al cobre en los países desarrollados son los alimentos y el agua. El consumo de agua retenida o que se ha dejado correr poco tiempo de sistemas de distribución con tuberías o accesorios de cobre puede hacer aumentar considerablemente la exposición diaria total al cobre. Por lo general, la presencia de cobre en un sistema de abastecimiento de agua de uso y consumo humano se debe a la acción corrosiva del agua que disuelve las tuberías de cobre en las edificaciones. Cuando la concentración de cobre

es mayor a 1 mg/l, mancha la ropa lavada y los aparatos sanitarios. A niveles por encima de 5 mg/l, el cobre también tiñe el agua y confiere un sabor amargo no deseado. Aunque el cobre puede conferir sabor al agua, es seguramente aceptable a concentraciones iguales al valor de referencia basado en efectos sobre la salud de 2 mgL⁻¹ (OMS, 2006), (OMS, 2011), (Arce Castro, 2013).

- **Hierro**

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 mgL⁻¹. En las aguas subterráneas anaerobias puede haber concentraciones de hierro ferroso de hasta varios miligramos por litro sin que se manifieste alteración alguna del color ni turbiedad al bombearla directamente desde un pozo (OMS, 2011). La aireación de las capas que contienen hierro en el suelo puede afectar la calidad tanto del agua subterránea como del agua superficial si se baja el nivel freático o se produce una lixiviación de nitratos. La disolución del hierro puede ocurrir como resultado de la oxidación y la disminución del potencial de Hidrogeno (WHO, 1996). También puede haber hierro en el agua de consumo debido a la utilización de coagulantes de hierro, a la corrosión de tuberías de acero o hierro colado durante la distribución del agua. El hierro también promueve la proliferación de "bacterias ferruginosas", que obtienen su energía de la oxidación del hierro ferroso a férrico y que, en su actividad, depositan una capa viscosa en las tuberías (OMS, 2006). Si bien la falla estructural debido a la corrosión del hierro es rara, los problemas de calidad del agua (p. ej., el "agua roja") puede surgir como resultado de la corrosión excesiva de las tuberías de hierro. Esto conduce a la formación de protuberancias en la superficie de la tubería. En niveles por encima de 0,3 mgL⁻¹, el hierro mancha la ropa lavada y los accesorios de fontanería. Por lo general, no se aprecia ningún sabor en aguas con concentraciones de hierro por debajo de 0,3 mgL⁻¹. En 1983, el JECFA estableció una MIDTP de 0,8 mg/kg de peso corporal para prevenir la acumulación excesiva de hierro en el organismo, aplicable al hierro de todas las fuentes excepto a los óxidos de

hierro utilizados como colorantes y a los complementos de hierro que se toman durante el embarazo y la lactancia o por necesidades clínicas concretas. Si se asigna un 10% de la MIDTP al agua de consumo, se obtiene un valor de unos 2 mgL⁻¹, que no supone un peligro para la salud. A concentraciones inferiores se verán afectados generalmente el sabor y aspecto del agua de consumo (OMS, 2006), (OMS, 2011). El hierro es considerado un elemento esencial en la nutrición humana. Las estimaciones del requerimiento mínimo diario de hierro dependen de la edad, el sexo, el estado fisiológico y la biodisponibilidad del hierro y oscilan entre aproximadamente 10 y 50 mg/día. La dosis letal promedio de hierro es de 200 a 250 mg/kg de peso corporal, pero se ha producido la muerte tras la ingestión de dosis tan bajas como 40 mg/kg de peso corporal. Las autopsias han mostrado necrosis hemorrágica y desprendimiento de áreas de mucosa en el estómago con extensión a la submucosa. La sobrecarga crónica de hierro resulta principalmente de un trastorno genético (hemocromatosis) caracterizado por una mayor absorción de hierro y de enfermedades que requieren transfusiones frecuentes. (WHO, 1996). El hierro puede darle al agua un sabor, olor y color indeseable y al entrar en contacto puede causar manchas rojizos-cafés en la ropa, porcelana, platos, utensilios, vasos, lavaplatos, accesorios de plomería y concreto. El agua contaminada con hierro usualmente contiene bacterias de hierro. Estas bacterias se alimentan de los minerales que hay en el agua mas no causan problemas de salud (Instituto de Recursos de Agua de Texas, 1914), (Arce Castro, 2013).

- **Manganeso**

El manganeso es un elemento esencial para el ser humano y otros animales y está presente de forma natural en muchos alimentos. Hay manganeso de origen natural en muchas fuentes de agua superficiales y subterráneas, sobre todo en condiciones anaerobias o de microoxidación, y es la fuente más importante de manganeso en el agua de consumo, aunque la mayor exposición proviene, habitualmente, de los alimentos (OMS, 2006). Su presencia suele estar asociada a la del hierro. Se utiliza

principalmente en la fabricación de aleaciones de hierro y acero, como oxidante para la limpieza, el blanqueado y la desinfección en forma de permanganato potásico, y como ingrediente de diversos productos. En algunos lugares se utilizan arenas verdes de manganeso para el tratamiento del agua potable (Arce Castro, 2013). La presencia de manganeso a concentraciones mayores a $0,1 \text{ mgL}^{-1}$ en el agua de consumo humano puede producir un sabor indeseable en bebidas. Al igual que sucede con el hierro, la presencia de manganeso en el agua de uso y consumo humano puede dar lugar a la acumulación de depósitos en el sistema de distribución. Las concentraciones menores a $0,1 \text{ mgL}^{-1}$ suelen ser aceptables para los consumidores. Sin embargo, en algunas condiciones, el manganeso puede estar en concentraciones por encima de $0,1 \text{ mgL}^{-1}$ y puede permanecer en solución durante un período más largo comparado con su solubilidad habitual en el agua potable. Incluso, en una concentración de $0,2 \text{ mgL}^{-1}$, el manganeso formará con frecuencia una capa en las tuberías, que puede desprenderse en forma de precipitado negro. El valor de referencia basado en efectos sobre la salud de $0,4 \text{ mgL}^{-1}$ para el manganeso es mayor que el mencionado umbral de aceptabilidad de $0,1 \text{ mgL}^{-1}$. El manganeso es un elemento esencial para el ser humano y otros animales. Tanto la carencia como la sobreexposición pueden causar efectos adversos. Hay estudios epidemiológicos que han notificado efectos neurológicos adversos tras la exposición prolongada a concentraciones muy altas en el agua de consumo. Sin embargo, en esos estudios hay varios posibles factores de confusión significativos y en otros varios estudios no se han observado efectos adversos tras la exposición por el agua de consumo (OMS, 2006), (OMS, 2011).

- **Molibdeno**

El molibdeno se encuentra de forma natural en el suelo y se utiliza en la fabricación de aceros especiales y en la producción de tungsteno y de pigmentos; ciertos compuestos de molibdeno se utilizan como aditivos lubricantes y en la agricultura, para prevenir la carencia de molibdeno en los cultivos. El molibdeno se considera un elemento esencial y se calcula

que las necesidades diarias de los adultos son de 0,1-0,3 mg. No hay datos disponibles sobre la capacidad cancerígena del molibdeno por vía oral (OMS, 2006), (OMS, 2011). El molibdeno generalmente se encuentra en concentraciones muy bajas en el agua de bebida y, por lo tanto, no ha sido considerado necesario establecer un valor de referencia formal. Con fines orientativos, se puede derivar un valor basado en la salud. Es considerado como un oligoelemento esencial tanto en animales como en seres humanos. Respecto a los efectos de molibdeno en humanos por consumo de agua, en un estudio de 2 años de seres humanos expuestos a través del agua potable, se encontró que el NOAEL era de $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ (Chappell et al., 1979), pero existen algunas preocupaciones acerca de la calidad de este estudio. Dado que el molibdeno es un elemento esencial, se consideró que un factor de 3 era adecuado para reflejar la variación entre especies. Esto da un valor basado en la salud de $0,07 \text{ mg L}^{-1}$ (cifra redondeada), que está en el mismo rango que el derivado sobre la base de los resultados de los estudios toxicológicos en animales y es consistente con el requerimiento diario esencial de molibdeno. (WHO, 2011)

- **Sodio**

Las sales de sodio generalmente son muy solubles en el agua y se lixivian del medio terrestre al agua subterránea y superficial. No son volátiles y, por lo tanto, se encontrarán en la atmósfera solo en asociación con materia particulada. Las sales de sodio (por ejemplo, el cloruro sódico) se encuentran en casi todos los alimentos (la principal fuente de exposición diaria) y en el agua potable. Aunque las concentraciones de sodio en el agua potable normalmente son inferiores a 20 mg L^{-1} , en algunos países pueden superar en gran medida esta cantidad. La mayoría de los suministros de agua contienen menos de 20 mg de sodio por litro, pero en algunos países los niveles pueden superar los 250 mg L^{-1} . La intrusión salina, los depósitos minerales, el rocío de agua de mar, los efluentes de aguas residuales y la sal utilizada en el deshielo de carreteras pueden aportar cantidades significativas de sodio al agua. Además, los productos químicos para el tratamiento del agua, como el fluoruro de sodio, el

bicarbonato de sodio y el hipoclorito de sodio, pueden dar como resultado niveles de sodio de hasta 30 mgL^{-1} . Los ablandadores de agua domésticos pueden dar niveles de más de 300 mgL^{-1} , en estos casos algunos ablandadores del agua pueden incrementar notablemente el contenido de sodio del agua de consumo, pero generalmente se encuentran niveles mucho más bajos (WHO, 2003), (Arce Castro, 2013) .

La concentración correspondiente al umbral gustativo del sodio en el agua depende del anión asociado y de la temperatura de la solución. A temperatura ambiente, los valores del umbral gustativo promedio del sodio son aproximadamente 20 mgL^{-1} para carbonato de sodio, 150 mgL^{-1} para cloruro de sodio, 190 mgL^{-1} para nitrato de sodio, 220 mgL^{-1} para sulfato de sodio y 420 mgL^{-1} para bicarbonato de sodio (WHO, 2003). No se pueden obtener conclusiones definitivas con respecto a la posible asociación entre la presencia de sodio en el agua de consumo y la hipertensión. Por consiguiente, no se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud. No obstante, si las concentraciones rebasan los 200 mgL^{-1} , el agua podría tener un gusto inaceptable (OMS, 2011), (Arce Castro, 2013). El consumo de agua de bebida que contenga 20 mg de sodio por litro atribuiría a una ingesta diaria de unos 40 mg de sodio. Sobre la base de los datos existentes, no se pueden extraer conclusiones firmes sobre la posible asociación entre el sodio en el agua de bebida y la aparición de hipertensión. Por tanto, no se propone ningún valor de referencia basado en la salud. Sin embargo, el sodio puede afectar el sabor del agua de bebida a niveles superiores a aproximadamente 200 mgL^{-1} .

- **Níquel**

El níquel se encuentra predominantemente como ion $\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ en aguas naturales a pH 5-9 (IPCS, 1991). La principal fuente de níquel en el agua potable es la lixiviación de metales en contacto con el agua potable, como tuberías y accesorios. Sin embargo, el níquel también puede estar presente en algunas aguas subterráneas como consecuencia de la disolución de las rocas que contienen mineral de níquel. La lluvia ácida aumenta la movilidad del níquel en el suelo y, por tanto, podría incrementar

las concentraciones de níquel en las aguas subterráneas (IPCS, 1991). En aguas subterráneas con un pH inferior a 6.2, se han medido concentraciones de níquel de hasta $980 \mu\text{gL}^{-1}$ (RIVM, 1994). Asimismo, el níquel puede provenir de grifos nuevos recubiertos de níquel y cromo. También pueden aparecer concentraciones bajas procedentes de tuberías y accesorios de acero inoxidable. La contaminación con níquel disminuye con el tiempo. El lixiviado del níquel decae con el tiempo. El aumento de pH para controlar la corrosión de otros materiales también debería reducir la lixiviación de níquel (OMS, 2011). La contribución del agua a la ingesta diaria total por vía oral es poco importante. Sin embargo, se han presentado casos por exposición aguda, Irritación e hipersensibilidad cutáneas y carcinogenicidad (WHO, 2005):

Un grupo de treinta y dos trabajadores industriales bebieron accidentalmente agua contaminada con sulfato de níquel y cloruro de níquel (1,63 g de níquel por litro). Se estimó que las dosis de níquel en personas que desarrollaron síntomas oscilaron entre 7 y 35 mg/kg de peso corporal. Veinte trabajadores desarrollaron síntomas, que incluían náuseas, vómitos, diarrea, mareos, lasitud, dolor de cabeza y dificultad para respirar. En la mayoría de los casos, estos síntomas duraron unas pocas horas, pero persistieron de uno a dos días en siete casos. Se encontraron niveles transitoriamente elevados de albúmina en orina, lo que sugiere una leve nefrotoxicidad transitoria en dos trabajadores; 2 a 5 días después de la exposición. Al tercer día después de la exposición se desarrolló hiperbilirrubinemia leve en dos sujetos, y se observaron niveles elevados de reticulocitos en sangre en siete trabajadores el día 8 después de la exposición. Las concentraciones séricas de níquel oscilaron entre 13 y $1340 \mu\text{gL}^{-1}$ en personas con síntomas (Sunderman et al., 1988).

Un hombre de 55 años desarrolló hemianopsia homónima izquierda siete horas después de ingerir sulfato de níquel en el agua de bebida ($50 \mu\text{g}$ de níquel por kg de peso corporal), la hemianopsia homónima izquierda duró 2 horas (Sunderman et al., 1989).

En un estudio se administró níquel en agua (como sulfato de níquel) a 25 mujeres sensibles al níquel en dosis diarias de 0,01 - 0,04 mg/kg de peso corporal por día durante 3 meses después de haber sido desafiadas una vez con 2,24 mg de níquel (Santucci et al., 1988). En 18 mujeres, los brotes se produjeron después de la dosis de provocación, mientras que sólo 3 de 17 sujetos tuvieron síntomas durante el período de exposición prolongado, más tarde en 1994, Santucci y colaboradores administraron dosis orales crecientes de níquel en agua (0,01 a 0,03 mg de níquel por kg de peso corporal por día) a ocho mujeres sensibles al níquel durante un máximo de 178 días. Se observó una mejora significativa en el eccema de manos en todos los sujetos después de 1 mes. El nivel más bajo de efectos adversos observados (LOAEL) establecido después de la provocación oral de pacientes con el estómago vacío fue referido como 12 µg/kg de peso corporal (Nielsen et al., 1999). Esta cifra fue similar a la dosis encontrada en un estudio de Hindsén et al. (2001), donde se informó que una dosis total de 1 mg (17 µg/kg de peso corporal) resultó en un brote de dermatitis en un sitio de prueba de parche anterior en 2 de 10 pacientes sensibles al níquel. La dosis de 12 µg/kg de peso corporal se consideró el LOAEL agudo en pacientes en ayunas con una dieta de 48 h con contenido reducido de níquel (WHO, 2005).

el Comité Internacional sobre Carcinogénesis del Níquel en el Hombre llevo a cabo una investigación para la identificación de especies de níquel peligrosas para los seres humanos (ICNCM, 1990) llegando a la conclusión que la exposición ocupacional al níquel sulfídico y oxídico en altas concentraciones provoca cánceres de pulmón y nasal. No hubo correlación entre la exposición al níquel metálico y el cáncer de pulmón o nariz. La exposición al níquel soluble aumentó el riesgo de cáncer y también puede aumentar el riesgo asociado con la exposición a compuestos de níquel menos solubles. También concluyó que no había pruebas sustanciales de que los compuestos de níquel pudieran producir cánceres distintos de los de pulmón o nariz en personas expuestas ocupacionalmente. IARC (1990) concluyó que los compuestos de níquel son carcinógenos para los humanos (Grupo 1), mientras que el níquel

metálico es posiblemente carcinogénico para los humanos (Grupo 2B). En estudios epidemiológicos posteriores también han respaldado estos hallazgos anteriores (TERA, 1999; EU, 2004); sin embargo, no hay pruebas sobre el riesgo de carcinogenicidad derivado de la exposición al níquel por vía oral (OMS, 2006), (OMS, 2011).

El tratamiento y control para el níquel se realiza mediante un control adecuado de los materiales en contacto con el agua de bebida o, en la educación de los consumidores para que descarguen los grifos cromados o níquelados antes de utilizar el agua. El tratamiento convencional de aguas superficiales, que comprende coagulación química, sedimentación y filtración, puede lograr una eliminación del níquel del 35 al 80% (Zemansky, 1974; Hunter et al., 1987; Duguet y Rizet, 1996). Para aguas bajas en sólidos, la adición de carbón activado en polvo puede usarse para mejorar la remoción de níquel (Welté, 2002). En una revisión de la remoción de níquel, se concluyó que la coagulación convencional, la clarificación y la filtración con carbón activado granular pueden dar una remoción de níquel del 35 al 80%, dependiendo de la especiación del níquel. El aumento del pH y la presencia de turbidez elevada favorecen la eliminación del níquel. Se informó que el pH óptimo para la remoción en carbón activado era pH 8 (Duguet & Rizet, 1996). Sin embargo, otros estudios han informado que el níquel se adsorbe bastante mal en el carbón activado (Seco et al., 1997). En el caso de las aguas subterráneas, se puede lograr una eliminación eficaz del níquel utilizando resinas de intercambio iónico quelantes (Stetter et al., 2002). Se podrían usar potencialmente varios adsorbentes para eliminar el níquel de las aguas subterráneas (Duguet y Rizet, 1996; Welté, 2002).

- **Plomo**

El plomo es el más común de los elementos pesados, y representa 13 mg/kg de la corteza terrestre. El plomo es más soluble en aguas blandas y ácidas. Desde la perspectiva del agua potable, es importante el uso casi universal de compuestos de plomo en accesorios de plomería y como soldadura en sistemas de distribución de agua. Y las tuberías de plomo

pueden usarse en sistemas de distribución y plomería más antiguos (Quinn & Sherlock, 1990). Con la disminución de las emisiones atmosféricas de plomo desde la introducción de la legislación que restringió su uso en combustibles, el agua ha adquirido una nueva importancia como la mayor fuente controlable de exposición al plomo en países como los EE. UU. (Levin, Schock, & Marcus, 1989). La cantidad de plomo disuelto en el sistema de fontanería depende de varios factores, incluidos el pH, la temperatura, la alcalinidad, la extensión de las tuberías y el tiempo de permanencia del agua; las aguas blandas y ácidas son las que disuelven más el plomo. Los residuos de cloro libre en el agua potable tienden a formar depósitos que contienen plomo más insoluble, mientras que los residuos de cloramina pueden formar depósitos más solubles en la tubería de plomo. En efecto, puede haber cambios significativos en la calidad del agua de un suministro, como resultado, por ejemplo, de cambios en el tratamiento o cambios en la fuente, que dan lugar a variaciones en la solubilidad del plomo o de los depósitos de plomo, o ambos (WHO, 2011).

Más del 80% de la ingesta diaria de plomo se deriva de la ingestión de alimentos, suciedad y polvo. A $5 \mu\text{gL}^{-1}$, la ingesta diaria promedio de plomo del agua forma una pequeña proporción de la ingesta diaria total para niños y adultos, pero significativa para bebés alimentados con biberón. Dichas estimaciones tienen un amplio margen de error, ya que no se conoce en qué medida la población en general descarga el sistema antes de usar el agua del grifo; Además, el tiempo de estancamiento (y por tanto los niveles de plomo) es muy variable (Levin, Schock, & Marcus, 1989).

El plomo es un veneno generalmente acumulativo que afecta a los lactantes, los niños de hasta 6 años, al feto y las mujeres embarazadas, por ser más susceptibles a los efectos adversos para la salud, pudiendo ocasionar efectos adversos sobre el sistema nervioso central llegando a ser particularmente graves. Por exposición aguda y prolongada de plomo, los signos evidentes de intoxicación aguda, incluyen embotamiento, inquietud, irritabilidad, mala capacidad de atención, dolores de cabeza, temblores musculares, calambres abdominales, daño renal, alucinaciones, pérdida de

memoria y encefalopatía, estos ocurren a niveles de plomo en sangre de 100–120 µg/dl en adultos y 80-100 µg/dl en niños. A cause de la toxicidad crónica por plomo, los signos incluyen cansancio, insomnio, irritabilidad, dolores de cabeza, dolor articular y los síntomas gastrointestinales pueden aparecer en adultos con niveles de plomo en sangre de 50 a 80 µg/dL. El sistema nervioso central como el periférico son los sistemas principales objetivos de la toxicidad del plomo, los efectos incluyen efectos neurológicos y conductuales subencefalopáticos en adultos, y también hay evidencia electrofisiológica de efectos en el sistema nervioso de los niños con niveles de plomo en sangre muy por debajo de 30 µg/dL. El nervio auditivo puede ser un objetivo de la toxicidad por plomo, en vista de informes de disminución de la agudeza auditiva en niños. Sobre los efectos de Carcinogenicidad del plomo en seres humanos se ha evaluado en varios estudios epidemiológicos, que han sido negativos o han mostrado solo un pequeño exceso de mortalidad por cánceres (WHO, 2011). La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) considera que la evidencia general de carcinogenicidad en humanos es inadecuada para el plomo (Lyon, Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC monographs, 1987), pero que los compuestos inorgánicos de plomo son probablemente carcinógenos para los humanos (Lyon, Compuestos de plomo orgánicos e inorgánicos, 2006). El plomo es una sustancia tóxica general que se acumula en el esqueleto. Los lactantes, los niños de hasta 6 años y las mujeres embarazadas son las personas más vulnerables a sus efectos adversos para la salud. En niños con concentraciones sanguíneas de plomo de tan sólo 5 µg/dL se ha observado inhibición de la actividad del porfobilinógeno-sintasa, una de las enzimas principales que intervienen en la biosíntesis del grupo hemo, aunque no se ha asociado ningún efecto adverso a su inhibición en estas concentraciones. El plomo también interfiere con el metabolismo del calcio, tanto directamente como por interferencia con el metabolismo de la vitamina D. Hay pruebas de estudios en personas de que pueden producirse efectos neurotóxicos adversos distintos del cáncer con concentraciones de plomo muy bajas, y un valor de referencia basado en estos otros efectos también protegerá de los efectos cancerígenos (OMS, 2006), (OMS, 2011).

La prevención y control del plomo es importante por los efectos del mismo en los humanos, aunque su presencia en el agua potable es excepcional porque la mayor parte del plomo en el agua potable proviene de las tuberías de los edificios. La solución principalmente consiste en quitar las tuberías y los accesorios que lo contienen, lo que requiere tiempo y gasto de dinero. Mientras tanto, se deben implementar todas las medidas prácticas para reducir la exposición total al plomo, incluido el control de la corrosión (SAG, 2016).

- **Antimonio**

Los compuestos de antimonio tienen diversos usos terapéuticos (OMS, 2006), (OMS, 2011). La emisión de antimonio al ambiente parece ser exclusivamente el resultado de la actividad humana, aproximadamente 6400 toneladas de antimonio se transportan anualmente a los océanos (WHO, 2003). El comportamiento químico del antimonio al ser tan complejo como el del arsénico; se especula que podría ser un contaminante habitual con el arsénico en algunas aguas potables (Gebel, 1999b). Las formas solubles de antimonio (y arsénico) tienden a ser bastante móviles en agua, mientras que las especies menos solubles se adsorben en arcilla o partículas de suelo y sedimentos, donde se unen principalmente al hierro y aluminio extraíbles (Crecelius, Bothner, & Carpenter, 1975).

Las concentraciones de antimonio en las aguas subterráneas y superficiales normalmente oscilan entre 0,1 y 0,2 μgL^{-1} (Bowen, 1979). No es probable que el antimonio se encuentre en concentraciones significativamente más altas en las aguas naturales, excepto en aquellas áreas afectadas por el drenaje ácido de las minas; las aguas residuales domésticas están prácticamente libres de antimonio, a diferencia de las aguas residuales de las empresas de procesamiento de vidrio o metales (Enders & Jekel, 1994). Las concentraciones en el agua potable parecen ser inferiores a 5 μgL^{-1} (WHO, 2003). La Organización mundial de la salud menciona que hay concentraciones en aguas subterráneas menores de 0,001 μgL^{-1} ; concentraciones en aguas superficiales menores de 0,2 μgL^{-1} ;

las concentraciones en el agua de consumo humano son, al parecer, menores de $5 \mu\text{gL}^{-1}$ (OMS, 2011).

La ingesta oral diaria de antimonio varía de 10 a $70 \mu\text{g}$ y, parece ser significativamente mayor que la absorción por inhalación; aunque la exposición total procedente de fuentes medioambientales, alimentos y el agua potable es muy baja comparada con la exposición por motivos laborales (OMS, 2006), (WHO, 2003). Se ha demostrado que la solubilidad de ATO en jugo gástrico sintético es de 20mgL^{-1} después de 24 h (DuPont, 2001). Sin embargo, los estudios sobre la absorción indican que es relativamente baja. Inclusive en formas solubles, el antimonio no se absorbe fácilmente en el tracto gastrointestinal, independientemente del estado de valencia (Felicetti et al., 1974). En un examen de cuatro personas después de una intoxicación aguda involuntaria con APT reveló una tasa de absorción del 5% (Iffland & Bösch, 1987; Lauwers et al., 1990). El antimonio no es un elemento esencial en plantas o animales (WHO, 2003).

La clave de la toxicidad del antimonio está en función de su solubilidad en el agua de consumo y del estado de oxidación del tipo de antimonio (WHO, 2003); El antimonio procedente del lixiviado de materiales que contienen antimonio se presentan en forma de oxoanión de antimonio (V), que es la forma menos tóxica. La toxicidad subcrónica del trióxido de antimonio es menor que la del tartrato de potasio y antimonio, que es la forma más soluble. Las sales de antimonio solubles, después de la absorción oral, ejercen un fuerte efecto irritante sobre la mucosa gastrointestinal y provocan vómitos sostenidos. Otros efectos incluyen calambres abdominales, diarrea y toxicidad cardíaca (Elinder y Friberg, 1986). La dosis letal mínima para la intoxicación oral por antimonio en forma de APT (tártaro emético) es de 300 mg de APT para un niño y 1200 mg de APT para un adulto. Los síntomas agudos son similares a los que se observan después de una intoxicación oral aguda por arsénico (Wirth, 1994). En el caso de la exposición oral repetida a dosis terapéuticas de antimonio (III) se asoció con destrucción del nervio óptico, uveítis y hemorragia retiniana. Los síntomas específicos de intoxicación suelen ir

acompañados de dolor de cabeza, tos, anorexia, trastornos del sueño y vértigo (Stemmer, 1976). El CIIC ha concluido que el trióxido de antimonio es posiblemente cancerígeno para el ser humano (Grupo 2B), basándose en un estudio en ratas por inhalación, pero que el trisulfuro de antimonio no era clasificable con respecto a su capacidad cancerígena para los seres humanos (Grupo 3). No obstante, la exposición oral crónica a tartrato de potasio y antimonio no puede asociarse a un aumento del riesgo de cáncer, ya que la inhalación de antimonio sólo produjo cáncer en los pulmones, pero no en otros órganos, y se sabe que la afectación pulmonar directa por inhalación prolongada se debe a una sobrecarga con partículas insolubles. Aunque hay algunos indicios de la capacidad cancerígena de ciertos compuestos de antimonio por inhalación, no hay datos que indiquen capacidad cancerígena por vía oral (OMS, 2006), (OMS, 2011).

- **Zinc**

El zinc es un oligoelemento esencial que se encuentra en prácticamente todos los alimentos y en el agua potable en forma de sales o complejos orgánicos (F-ODM, 2012). En aguas superficiales naturales, la concentración de zinc suele ser inferior a $10 \mu\text{gL}^{-1}$, y en aguas subterráneas, de 10 a $40 \mu\text{gL}^{-1}$ (Elinder, 1986). Las aguas más corrosivas tienen pH bajo, alto contenido de dióxido de carbono y bajo contenido de sales minerales. Habitualmente la principal fuente de zinc en humanos son los alimentos; aunque las concentraciones de zinc en aguas superficiales y subterráneas no suelen sobrepasar $0,01 \text{ mgL}^{-1}$ y $0,05 \text{ mgL}^{-1}$, respectivamente, en el agua de grifo puede haber concentraciones mayores como consecuencia de la disolución del zinc de las tuberías, al zinc utilizados en materiales de fontanería galvanizados más antiguos (Elinder, 1986), (F-ODM, 2012), (OMS, 2011).

Generalmente en el agua de bebida hace una contribución insignificante a la ingesta de zinc a menos que se produzcan altas concentraciones de zinc como resultado del mal estado del sistema de distribución, por corrosión de tuberías y accesorios. En determinadas circunstancias, el agua del grifo puede proporcionar hasta el 10% de la

ingesta diaria. (WHO, 2003). El agua de consumo con concentraciones de cinc mayores que 3 mgL^{-1} puede resultar inaceptable para los consumidores (OMS, 2006), (OMS, 2011).

Independientemente de que, en varios países se ha informado de deficiencia nutricional de zinc en humanos; La toxicidad aguda surge de la ingestión de cantidades excesivas de sales de zinc, ya sea accidental o deliberadamente como emético o suplemento dietético. Después del consumo de más de 500 mg de sulfato de zinc suele ocurrir vómito. Han ocurrido intoxicaciones masivas después de ingerir bebidas ácidas guardadas en recipientes galvanizados; presentándose fiebre, náuseas, vómitos, calambres de estómago y diarrea después de 3 a 12 h desde la ingestión (WHO, 2003). Aunque la OMS concluyó que no se requiere en este momento la derivación de un valor de referencia basado en la salud, determinó que el zinc imparte al agua un sabor astringente indeseable a un umbral gustativo (como sulfato de zinc) de aproximadamente 4 mgL^{-1} . El agua con concentraciones de cinc mayores de 3 mgL^{-1} a 5 mgL^{-1} tiende a ser opalescente, desarrolla una película grasosa cuando se hierve y tiene un sabor astringente indeseable (Cohen, 1960), (WHO, 2003). Excepto a lo antes mencionado esto no se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el cinc en el agua de uso y consumo humano. (OMS, 2011)

- **Arsénico**

El arsénico en el agua, es más probable que esté presente como arseniato, con un estado de oxidación de 5, si el agua está oxigenada. Sin embargo, en condiciones reductoras ($<200 \text{ mV}$), es más probable que esté presente como arsenito, con un estado de oxidación de 3 (IPCS, 2001). La primera fuente de arsénico del agua de consumo es la disolución de rocas, menas y minerales. La vía de exposición más importante es la vía oral, por el consumo de alimentos y bebidas. En ciertas regiones, las fuentes de agua de consumo, particularmente las aguas subterráneas, pueden contener concentraciones altas de arsénico. En algunas zonas, el arsénico del agua de consumo afecta significativamente a la salud, y es considerado

una sustancia a la que debe darse una prioridad alta en el análisis sistemático de fuentes de agua de consumo. Con frecuencia, su concentración está estrechamente relacionada con la profundidad del pozo (WHO, 2011), (F-ODM, 2012). Sus Niveles ambientales en aguas naturales, incluida el agua de mar de mar abierto, generalmente oscila entre 1 y 2 μgL^{-1} . La vía de exposición humana más importante se da a través de la ingesta oral de alimentos y agua de bebida, incluidas las bebidas elaboradas a partir de agua de bebida (WHO, 2011). Varios estudios han intentado demostrar que el arsénico es un elemento esencial, pero hasta ahora no se ha demostrado que sea esencial en humanos (IPCS, 2001).

Su toxicidad aguda en humanos esta predominantemente en función de su tasa de eliminación del cuerpo. Se han presentado casos de intoxicación aguda por arsénico asociada con la ingestión de agua de pozo que contiene de 1,2 a 2,10 mgL^{-1} . Los primeros síntomas clínicos de intoxicación aguda incluyen dolor abdominal, vómitos, diarrea, dolor muscular y debilidad, con enrojecimiento de la piel. Estos síntomas suelen ir acompañados de entumecimiento y hormigueo en las extremidades, calambres musculares y la aparición de una erupción eritematosa papular. Se han realizado numerosos estudios epidemiológicos que han examinado el riesgo de varios cánceres asociados con la ingestión de arsénico a través del agua potable. Muchos de estos estudios son de tipo ecológico y muchos adolecen de fallas metodológicas, particularmente en la medición de la exposición. Sin embargo, existe una evidencia abrumadora de que el consumo de niveles elevados de arsénico a través del agua potable está relacionado causalmente con el desarrollo de cáncer en varios sitios, en particular piel, vejiga y pulmón. En varias partes del mundo, las enfermedades inducidas por el arsénico, incluido el cáncer, constituyen un importante problema de salud pública (WHO, 2011), (SAG, 2016).

c. Aspectos Relativos a la Aceptabilidad: sabor, olor y apariencia

El agua de consumo humano, además de ser inocua, debe ser de apariencia, sabor y olor aceptables. El agua que es estéticamente inaceptable afectará su aceptabilidad por parte de los consumidores,

además que, lo más importante, podría inducir al consumo de fuentes de agua menos seguras. Es común que el consumidor vea con recelo el agua que tiene un aspecto sucio o con partículas que afectan la transparencia del agua, o que tiene un sabor u olor desagradable, aunque estas características pueden no tener, en sí mismas, una consecuencia directa para la salud. Sin embargo, existen sustancias que constituyen un peligro para la salud y alteran el sabor, olor o aspecto del agua de uso y consumo humano que normalmente conllevarían al rechazo del agua en concentraciones considerablemente menores que aquellas que representan un problema para la salud. No se han establecido valores de referencia para los componentes que afectan la calidad del agua sin tener vínculo directo con los impactos adversos en la salud. Sin embargo, se han establecido valores de referencia para algunas sustancias que pueden causar problemas de sabor u olor en el agua de uso y consumo humano en concentraciones mucho menores que el valor de referencia porque la capacidad de los consumidores para detectarlas por sabor u olor puede variar ampliamente. El color, la turbiedad, el material particulado y los organismos visibles también pueden ser observados por los consumidores y pueden generar preocupación respecto a la calidad y aceptabilidad de un sistema de abastecimiento de agua de uso y consumo humano.

- **Temperatura**

Por lo común, el agua fría tiene un sabor más agradable que el agua tibia. La temperatura influye en la aceptabilidad de algunos otros componentes inorgánicos y contaminantes químicos que pueden afectar el sabor, por ejemplo, la temperatura alta del agua potencia la proliferación de microorganismos y puede incrementar los problemas de sabor, olor, color y corrosión. (OMS, 2011)

- **Turbiedad**

Expresada generalmente como unidades nefelométricas de turbidez (UNT), describe la pérdida de claridad del agua causada por partículas en suspensión (por ej., arcilla y sedimentos), precipitados químicos (por ej.,

manganeso y hierro), partículas orgánicas (por ej., desechos vegetales) y organismos. La turbidez puede ser causada por la mala calidad del agua de la fuente, tratamiento deficiente y, en sistemas de distribución, y por otras fallas en el sistema y su distribución. El aumento de la turbidez reduce la claridad del agua al limitar la transmisión de la luz. Debajo de 4 UNT, la turbidez se puede detectar solo con instrumentos, pero con 4 UNT o más, puede verse una suspensión de color blanco lechoso, barroso, rojo-marrón o negra.

La turbidez cuando es visible reduce la aceptabilidad del agua potable. Si bien la mayoría de las partículas que contribuyen a la turbidez no tienen importancia para la salud (aunque pueden indicar la presencia de contaminantes químicos y microbianos peligrosos), muchos consumidores asocian la turbidez con la seguridad y consideran que el agua turbia no es segura para beber. Esta respuesta se intensifica cuando los consumidores están acostumbrados a recibir agua filtrada de alta calidad. Si los consumidores pierden la confianza en el abastecimiento de agua potable, pueden beber menos agua o usar fuentes alternativas de menor turbiedad que tal vez no sean seguras.

- **pH**

Aunque el pH no suele afectar directamente al consumidor, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua. Se debe prestar mucha atención al control del pH en todas las etapas del tratamiento del agua para garantizar que su clarificación y desinfección sean satisfactorias. Para que la desinfección con cloro sea eficaz, es preferible que el pH sea menor que 8; sin embargo, el agua con un pH más bajo (con un pH de aproximadamente 7 o menos) será probablemente corrosiva. 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 y electrodomésticos. El pH óptimo requerido variará en distintos sistemas de abastecimiento de acuerdo con la composición del agua y la naturaleza de los materiales empleados en el sistema de distribución, pero suele oscilar entre 6.5 y 8. No se ha propuesto ningún valor de referencia

basado en efectos sobre la salud para el pH (OMS, 2011), (Arce Castro, 2013).

- **Conductividad**

La conductividad eléctrica (CE) del agua es una medida de la capacidad de la misma para transportar la corriente eléctrica. En el Sistema Internacional de Unidades la CE se expresa como siemens por metro (S/m), pero por simplicidad se utiliza $\mu\text{S}/\text{cm}$ a una temperatura de 25°C . La conductividad del agua está relacionada con la concentración de las sales en disolución, cuya disociación genera iones capaces de transportar la corriente eléctrica. La solubilidad de las sales en el agua depende de la temperatura, por lo que la conductividad varía en conformidad con la temperatura del agua (Solís-Castro, Zúñiga-Zúñiga, & Mora-Alvarado, 2018).

La dureza del agua representa una medida de la cantidad de metales alcalinotérreos en el agua, fundamentalmente calcio (Ca) y magnesio (Mg) provenientes de la disolución de rocas y minerales. Su forma de expresión más conocida es en mg/L como carbonato de calcio (CaCO_3). Existen diferentes tipos de dureza (Rodríguez & Rodríguez, 2010):

- Dureza total: se refiere a la concentración de sales de calcio y magnesio disueltas en el agua.
- Dureza carbonatada o temporal: es la que se refiere específicamente a la producida por los hidrogeno carbonatos y carbonatos de calcio y magnesio.
- Dureza no carbonatada o permanente: es la producida por las sales de cloruro, sulfato y nitrito de calcio y magnesio.

Asimismo, las aguas pueden clasificarse de acuerdo a su contenido de dureza en (WHO, 2011):

- Aguas blandas: $< 60 \text{ mgL}^{-1}$

- Aguas ligeramente duras: (60-120) mgL⁻¹
- Aguas moderadamente duras: (120-180) mgL⁻¹
- Aguas duras: > 180 mgL⁻¹

Si bien es cierto, la dureza es uno de los componentes en el agua que generan la conductividad, existen otros iones capaces de incrementarla; por ejemplo, el agua cargada con cloruro de sodio como es el caso de la intrusión salina en acuíferos (WHO, 2011). Sin embargo, en la mayoría de las aguas subterráneas (pozos y nacientes) existe una relación muy alta entre la conductividad y la dureza (LNA, 2014).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que las aguas duras pueden generar incrustaciones en los sistemas de distribución y que, por el contrario, las aguas blandas pueden corroerlos (OMS, 2013). Por otro lado, la aceptabilidad puede variar de acuerdo a las poblaciones; se dice que el umbral gustativo del ion calcio se encuentra entre 100 mgL⁻¹ y 300 mgL⁻¹ dependiendo del anión asociado y que el umbral del magnesio es menor que el del calcio. No obstante, algunos consumidores pueden tolerar durezas mayores a 500 mgL⁻¹ (Mora Alvarado, Felipe Portugués, & Alfaro Herrera, 2002).

Muchos estudios epidemiológicos han demostrado una relación entre el agua dura y la protección contra enfermedades cardiovasculares (OMS, 2013) (Mora Alvarado, Felipe Portugués, & Alfaro Herrera, 2002).

En un estudio realizado por (Mora Alvarado, Portugués barquero, & Hernández Mirault, 2015) en la "Zona Azul" de la Península de Nicoya, ubicado en Costa Rica, se pudo comprobar la relación entre la dureza del agua y la longevidad de la población.

- **Los sólidos disueltos totales (SDT)**

Los sólidos disueltos totales (TDS) en el agua potable consisten principalmente en cloruro, sulfato, carbonatos, sodio, magnesio y calcio. El exceso de sólidos disueltos en el agua potable puede provocar un sabor desagradable y corrosión o incrustación en el sistema de distribución de

agua. El exceso de sólidos disueltos en el agua potable puede provocar un sabor desagradable y corrosión o incrustación en el sistema de distribución de agua. A concentraciones superiores a aproximadamente 1000 mg / litro, el sabor del agua se vuelve cada vez más desagradable.

(Solís-Castro, Zúñiga-Zúñiga, & Mora-Alvarado, 2018) en su investigación mencionan que en lo que respecta a los aspectos de salud, no hay evidencia de reacciones fisiológicas adversas en Niveles de TDS superiores a 1000 mgL⁻¹. Debe enfatizarse que el factor de aclimatación a TDS es particularmente importante. Muchas personas disfrutan de aguas altamente mineralizadas que contienen más de 2000 mgL⁻¹ de TDS. El sabor del agua con una concentración de SDT menor que 600 mgL⁻¹ suele considerarse aceptable, pero a concentraciones mayores a aproximadamente 1000 mgL⁻¹, la aceptabilidad del sabor del agua de consumo humano disminuye significativa y progresivamente. No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para los SDT (OMS), (OMS, 2011).

DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICOS

Para efectos del presente proyecto de investigación, se debe considerar las siguientes definiciones:

- ❖ **Agua cruda:** Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento (DIGESA / MINSA, 2015).
- ❖ **Agua tratada:** Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano (DIGESA / MINSA, 2015), (García Noblejas, 2019).
- ❖ **Agua de consumo humano:** Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal (DIGESA / MINSA, 2015).
- ❖ **Calidad del agua:** se refiere a la ddeterminación de la calidad del agua suministrada, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano, de acuerdo a los requisitos físicos, químicos y biológicos del agua para consumo humano establecidos por norma. (MINSA, 2011).
- ❖ **Coliformes:** Bacterias gram negativas que fermentan la lactosa a temperatura de 35° a 37°C, produciendo ácido y gas en un plazo de 24 a 48 horas. Son anaerobias facultativas, oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano (DIGESA / MINSA, 2015).
- ❖ **Cloro residual libre:** Cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua de consumo humano para proteger de posible contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento (DIGESA / MINSA, 2015).
- ❖ **Color aparente:** Se denomina a aquel color que presenta el agua cruda o natural (Barrenechea Martel, 2004).

- ❖ **Color verdadero:** Se denomina a aquel color del agua que queda luego de que el agua ha sido filtrada (Barrenechea Martel, 2004).
- ❖ **Gestión de la calidad de agua de consumo humano:** Conjunto de acciones técnico administrativas u operativas que tienen la finalidad de lograr que la calidad del agua para consumo de la población cumpla con los límites máximos permisibles establecidos en el presente reglamento (MINSA, 2011).
- ❖ **Inocuidad:** Que no hace daño a la salud humana (MINSA, 2011).
- ❖ **Límite máximo permisible:** Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua (DIGESA / MINSA, 2015).
- ❖ **Monitoreo:** Seguimiento y verificación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos u otros señalados en el presente Reglamento, y de factores de riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua (MINSA, 2011).
- ❖ **Parámetros microbiológicos:** Son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano (DIGESA / MINSA, 2015).
- ❖ **Ósmosis inversa:** La Ósmosis es un fenómeno muy común en la naturaleza. Tanto el organismo de los animales y plantas como el propio cuerpo humano se sirven de la Ósmosis para realizar una gran cantidad de procesos. Cuando dos fluidos de distinta densidad se encuentran separados por una membrana semipermeable existe una diferencia de presión entre ambos, y el fluido menos denso tiene a pasar a través de la membrana hasta equilibrar dicha presión. Este es el fenómeno conocido como Ósmosis. En la industria, esa tendencia natural se fuerza a actuar en sentido inverso en lo que lo haría la naturaleza. Este hecho es el que da el nombre al sistema que al llamamos Ósmosis Inversa. (Ortega, 2001).

- ❖ **Parámetros organolépticos:** Son los parámetros físicos, químicos y/o microbiológicos cuya presencia en el agua para consumo humano pueden ser percibidos por el consumidor a través de su percepción sensorial (DIGESA / MINSA, 2015).
- ❖ **Parámetros inorgánicos:** Son los compuestos formados por distintos elementos pero que no poseen enlaces carbono-hidrógeno analizados en el agua de consumo humano (DIGESA / MINSA, 2015).
- ❖ **Parámetros de control obligatorio (PCO):** Son los parámetros que todo proveedor de agua debe realizar obligatoriamente al agua para consumo humano (DIGESA / MINSA, 2015), (Espitia Iriarte, 2019).
- ❖ **Parámetros adicionales de control obligatorio (PACO):** Parámetros que de exceder los Límites Máximos Permisibles se incorporarán a la lista de parámetros de control obligatorio hasta que el proveedor demuestre que dichos parámetros cumplen con los límites establecidos en un plazo que la Autoridad de Salud de la jurisdicción determine (DIGESA / MINSA, 2015), (Espitia Iriarte, 2019).
- ❖ **Proveedor del servicio de agua para el consumo humano:** Toda persona natural o jurídica bajo cualquier modalidad empresarial, junta administradora, organización vecinal, comunal u otra organización que provea agua para consumo humano. Así como proveedores del servicio en condiciones especiales (DIGESA / MINSA, 2015).
- ❖ **Sistema de tratamiento de agua:** Conjunto de componentes hidráulicos; de unidades de procesos físicos, químicos y biológicos; y de equipos electromecánicos y métodos de control que tiene la finalidad de producir agua apta para el consumo humano (DIGESA / MINSA, 2015).
- ❖ **Supervisión:** Acción de evaluación periódica y sistemática para verificar el cumplimiento del presente reglamento y de aquellas normas sanitarias de calidad del agua que emita la Autoridad de Salud, así como los procesos administrativos y técnicos de competencia del proveedor de agua de

consumo humano, a fin de aplicar correctivos administrativos o técnicos que permitan el cumplimiento normativo (MINSA, 2011).

- ❖ **Vigilancia Sanitaria:** La sistematización de un conjunto de actividades realizadas por la Autoridad de Salud, para identificar y evaluar factores de riesgo que se presentan en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, desde la captación hasta la entrega del producto al consumidor, con la finalidad de salvaguardar la salud de los consumidores en cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMPs) de la calidad de agua para consumo humano (DIGESA / MINSA, 2015).

CAPITULO III METODOLOGÍA

3.1. Descripción del área de estudio.

3.1.1. Ubicación

El estudio se realizó en el sistema Abastecimiento de Agua de la Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - I.E. N° 65102 y en el sistema de abastecimiento de Agua de la Institución Educativa My. EP. MARKO EMILIO JARA SCHENONE - I.E. N° 64912, los cuales se encuentran ubicados en el distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo.

Las coordenadas geográficas de las instituciones educativas donde se ubican los sistemas a muestrear son las siguientes:

INSTITUCIONES		UTM	
		Este (X)	Norte (Y)
My. EP. Marko Emilio Jara Schenone	I.E. N° 64912	547409.0	9071553.6
Ivonis Mazzarolo	I.E. N° 65102	550310.2	9070804.8

3.1.2. Situación actual de los sistemas de osmosis inversa

a. Sistema de Osmosis Inversa de la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone- I.E. N° 64912.

El sistema de osmosis inversa de esta institución se instaló el año 2018. La captación del agua está conectada a la red de distribución del sistema de captación de agua subterránea propio de la institución educativa, y cuenta con una capacidad de reservorio de 250.00 litros, el sistema se encuentra instalado en un área pequeña donde sólo se encuentra el sistema de osmosis inversa y el tanque de almacenamiento, considerando que el área recomendada es mayor para poder realizar adecuadas prácticas sanitarias al momento del llenado de los bidones. Hasta la fecha abastece de agua de bebida a un total de 1570 alumnos, sin considerar docentes y trabajadores administrativos. Considerando que la institución educativa cuenta con un total de 53 secciones, al día cada sección es abastecida con un bidón de 20L de agua para consumo directo,

por lo que al día se da una cobertura de 1060 litros de agua para consumo directo. El promedio de consumo de agua mensual de los 1634 individuos (alumnos y docentes), independientemente de su edad y de sus necesidades, es de 23,320.00 litros de agua.



figura 7. Área donde se encuentra el sistema de osmosis inversa, ubicado en la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone

b. Sistema de Osmosis de la IEI Ivonis Mazzarolo- I.E. N° 65102.

El sistema de osmosis inversa de esta institución se instaló el año 2018. La captación del agua está conectada a la red de distribución de EMAPACOP SA, y cuenta con una capacidad de reservorio de 250.00 litros, el sistema se encuentra instalado en un área adecuada donde se encuentra el sistema de osmosis inversa, el tanque de almacenamiento y el almacenamiento de los bidones de agua; además existe un área entre la puerta de ingreso y a la puerta de ingreso donde se encuentra el sistemas por lo que podría facilitar una desinfección previa al ingreso del área donde se realiza el llenado de los bidones. Hasta la fecha abastece de agua de bebida a un total de 1287 alumnos, sin considerar docentes y trabajadores administrativos. Considerando que la institución educativa cuenta con 43 secciones al día cada sección es abastecida con un bidón de 20L de agua para consumo directo, por lo que al día se da una cobertura de 860 litros de agua para el consumo directo. El promedio de consumo de agua mensual de los 1338 individuos (alumnos y docentes), independientemente de su edad y de sus necesidades, es de 18,920.00 litros de agua.



Figura 8. Área donde se encuentra el sistema de osmosis inversa, ubicado en la IEI Ivonis Mazzarolo.

3.2. Método de la investigación

La metodología aplicada en el análisis de la calidad del agua purificada por osmosis inversa fue el método de investigación de campo; el enfoque de la investigación fue cuantitativo. En esta tesis se empleó el nivel descriptivo, que se emplea para recoger, organizar, resumir, presentar, analizar, generalizar, los resultados de las observaciones; con la ventaja de que la metodología es fácil, de corto tiempo y económica. En el estudio en propósito del investigador es decir cómo es y se manifiesta determinado evento.

El empleo del método consistió en observar y medir los parámetros fisicoquímicos, parámetros microbiológicos y parámetros de metales a partir de los cuales se pudo dar una idea clara de la situación de las aguas procedentes de los sistemas de osmosis inversa, y si superan los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Reglamento de Calidad de Agua para el Consumo Humano, DS N° 031-2010-SA. Por ende, no se manipularon las variables estudiadas.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Teniendo en cuenta que la población de estudio es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra; y que debe contener ciertas características que se pretenden estudiar; para estudiar la calidad del agua tratada por los

sistemas de osmosis inversa que estén instalados en instituciones educativas que se encuentran ubicadas en el distrito de Manantay; se identificó como población al conjunto de instituciones beneficiadas con la instalación de un sistema de agua de consumo en el distrito de Manantay.

Tabla 7. *Instituciones educativas beneficiadas con la instalación de un sistema de agua de mesa.*

PROVINCIA	DISTRITO	N° I.E. BENEFICIADAS
Coronel Portillo	Calleria	4
	Yarinacocha	3
	Manantay	2
	Nueva Requena	1
	Campo Verde	1
	Masisea	1
Purús	Puerto Esperanza	1
	Aguaytia	1
Padre Abad	San Alejandro	1
	Neshuya	1
	Alexander Von Humboldt	1
Atalaya	Sepahua	1
	Tahuania	1
	Oventeni	1
N° Total de I.E.		20

Fuente: *Dirección Regional de vivienda, Construcción y Saneamiento- GOREU, 2019.*

Como indica la tabla 7, dentro del distrito de Manantay se instalaron dos sistemas en dos instituciones educativas, estos son sistemas basados en la osmosis inversa; los que fueron objeto de estudio.

La población estuvo conformada por dos (02) sistemas ubicados, respectivamente, en dos (02) instituciones educativas del distrito de Manantay. Recalco que, se abarco el 100% de las instituciones beneficiadas con el sistema de ósmosis inversa que se encontraron en el distrito de Manantay. Dichas instituciones educativas son las siguientes:

1. IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone – IE N° 64912, cuentan con 53 secciones (aulas) entre primaria y secundaria; a diario el sistema sirve para abastecer a cada sección con 20 Litros para el consumo en aulas, produciendo 1060 Litros/día de agua para consumo humano.

2. IEl Ivonis Mazzarolo - I.E.I. N° 65102, cuentan con 43 secciones (aulas) entre primaria y secundaria; a diario el sistema sirve para abastecer a cada sección con 20 Litros para el consumo en aulas, produciendo 860 Litros/día de agua para consumo humano.

3.3.2. Muestra

En la determinación no probabilística de la muestra se consideró que en la jurisdicción de Manantay sólo existen dos sistemas de ósmosis inversa que se encuentran instaladas en instituciones educativas por lo que se tomó al 100% de población como muestra. Esta estuvo conformada por dos sistemas que estuvieron ubicadas en:

1. La Institución Educativa My. EP. Marko Emilio Jara Schenone - I.E. N° 64912, donde el sistema se alimenta del agua potable por bombeo (pozo), y
2. La Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - I.E.I. N° 65102, donde el sistema se alimenta de la red de distribución de EMAPACOP SA.

Con el fin de conocer si los sistemas fueron adecuados mediante la calidad del agua de consumo humano que produjeron, lo que garantizó las conclusiones obtenidas en el estudio.

3.4. Procedimiento para la recolección de datos

3.4.1. Ubicación de los sistemas de osmosis inversa empleados para el abastecimiento de agua de consumo directo para humanos.

El presente trabajo de investigación fue realizado en el distrito de Manantay, en dos instituciones educativas seleccionadas previamente como población representativa considerando su ubicación, entorno social y geografía, en estos ambientes se efectuó la obtención de las muestras; los análisis para parámetros microbiológicos y fisicoquímicos de las muestras se llevaron a cabo en las instalaciones del Laboratorio Ambiental de la

Dirección Regional de Salud de Ucayali -MINSA y los análisis para parámetros de metales se llevaron a cabo en el Laboratorio de Control Ambiental de la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DSAIA) –MINSA

Los puntos de muestreo fueron georreferenciados con un GPS Garmin, configurado con el sistema de coordenadas cartográficas “WGS 84”, se descargó la información registrada mediante el Software Mapsource, usando el programa Microsoft Excel 2016.

INSTITUCIONES		UTM	
		Este (X)	Norte (Y)
My. EP. Marko Emilio Jara Schenone	I.E. N° 64912	547409.0	9071553.6
Ivonis Mazzarolo	I.E. N° 65102	550310.2	9070804.8

La ubicación y el número de muestras a tomar, fueron determinadas considerando las facilidades de acceso y medio de transporte hasta los puntos de muestreos, el costo del transporte y análisis de las muestras.

La localización de los puntos de recolección de las muestras de agua se lograron determinar tomándose como base, la ubicación y características del sistema instalado en ambas instituciones educativas y teniendo en cuenta los criterios mencionados en la R.D. N° 160-2015/DIGESA/SA, con el fin de que se realizara un procedimiento confiable y seguro para la correcta obtención de muestras, preservación, transporte, almacenamiento y recepción por parte de los laboratorios para su posterior análisis en los parámetros señalados en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, DS N° 031-2010-SA. Para la toma de muestras previamente se programó la ubicación de puntos de muestreo y número de muestras a tomar, de acuerdo a la Resolución Directoral N°160-2015/DIGESA/SA. Estos puntos fueron considerados como fijos por estar localizados en la captación del agua y, a la salida del sistema y/o a la salida de la infraestructura de almacenamiento (tanque reservorio), estos puntos se establecieron para el periodo de investigación.

3.4.2. Selección de Parámetros de control

Los parámetros para los análisis fueron seleccionados de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, teniendo como parámetros de control: B. Coliformes Totales, B. Coliformes Termotolerantes o Fecales, B. Heterotróficas, Huevos y larvas de Helmintos, quistes y o quistes de protozoarios patógenos, Parásito, Organismos de Vida Libre (OVL), Turbiedad, pH, Conductividad, Sólidos Disueltos Totales, Cloro, Temperatura, Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Cadmio, Cobre, Cromo total, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Niquel, Plomo, Sodio y Zinc.

3.4.3. Toma de muestras para la recolección de datos.

Los sistemas de ósmosis inversa se encontraron instalados en dos (02) instituciones educativas, en la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone y en la IEI Ivonis Mazzarolo, haciendo un total de dos (02) sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano a muestrear. En las cuales se realizaron tres (03) mediciones con el fin de obtener confiabilidad y sustentabilidad estadística.

Es preciso también señalar que el muestreo fue realizado de acuerdo con el protocolo para la toma de muestras establecido en la norma Resolución Directoral N° 160-2015/DIGESA/SA, durante el periodo de investigación.

Tabla 8. Cantidad de muestra necesaria para los ensayos.

TIPO DE ENSAYO	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE ENVASE	CANTIDAD DE MUESTRA	N° UNID. MUESTRA
Microbiológico - <i>Bacterias heterotróficas</i> - <i>Coliformes totales, fecales,</i> - <i>Escherichia coli.</i> (Método fermentación tubos múltiples)	Agua para consumo, agua purificada	Frasco estéril de vidrio neutro con tapa protectora con cierre hermético	-200 g o mL ^(a) -500 mL	6

- <i>Coliformes totales, fecales (Método filtración por membrana)</i>					
Parasitológico	Agua para consumo, agua purificada	Envase de plástico de boca ancha y tapa rosca hermética.	-4 L		3
- <i>Fitoplancton – Cuantitativo</i>					
- <i>Zooplancton – Cuantitativo</i>					
- <i>Protozoos y helmintos parásitos- Cualitativo</i>					
- <i>Huevos y larvas de Helmintos, quistes y/o quistes de protozoarios patógenos</i>					
Físico-químico	Agua para consumo, agua purificada	Frasco de vidrio esterilizado en el laboratorio original.	-500 mL		6
Clasificación basada en la norma NTP 214.042: 2012					
a) Aguas subterráneas, agua de manantial, aguas superficiales, río, laguna/lago, agua de deposición atmosférica (lluvia o pluvial)					
b) Agua residual doméstica, industrial y municipal.					
c) Agua de bebida (agua potable, agua de mesa, agua envasada), agua de piscina, agua de laguna artificial.					
d) Agua de mar, aguas salobres, aguas de inyección o reinyección.					
e) Agua purificada.					
Notas:					
(a) Cantidad de muestra mínima correspondiente para cada unidad de muestra.					
(b) El frasco de vidrio esterilizado y con el preservante es preparado en el laboratorio					
(c) Llenar la muestra hasta un 90% del envase; para permitir su homogeneización posterior.					

Fuente: (DIGESA / MINSA, 2015).

Los muestreos se llevaron a cabo con la autorización de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental; estos fueron tomadas de los puntos programados previamente. Para la toma de muestras use guantes, limpie y retire del grifo cualquier tipo de materia extraña adherida a la boca de salida y, abrí el grifo, hasta que alcance su flujo máximo y deje correr el agua durante dos minutos.

El muestreo fue de seis (06) muestras de 500mL de agua, tres (03) muestras de agua que no ha pasado por el sistema de osmosis inversa y tres (03) muestras de agua procesadas por el sistema de osmosis inversa para los análisis de parámetros de control obligatorio, dos (02) muestras de 500mL de agua que procesada por osmosis inversa para el control de metales y dos (02) de 20L de agua procesada por el sistema de osmosis inversa para el control de parásitos, que fueron tomadas durante el periodo de investigación en cada institución educativa.

Para la obtención de muestras microbiológicas, parasitológicas e hidrológicas, con el necesario el uso de EPPs, se desamarro la protección de papel que cubre el frasco para el muestreo, evitando rozar la cara interna del tapón o el interior del frasco y sin haberlo colocado sobre algún material que lo puedo contaminar se puso inmediatamente el frasco debajo del chorro de agua para su llenado dejando un espacio de aire dentro del frasco para facilitar su manipulación durante la etapa de análisis. Por último, se colocó la tapa en el frasco con su respectiva cubierta protectora y se reforzó con el cordón.

Para la obtención de muestras físico químico, con el necesario uso del EPP, el frasco se enjuago previamente tres veces con el agua a ser recolectada, llené el frasco hasta el límite del mismo, posterior procedí a cerrar el frasco y almacenarlo para su transporte.

Para la obtención de muestras de metales, la recolección de aguas se hizo empleando un frasco; de plástico (polipropileno) de 1 litro de capacidad, con tapa rosca de boca ancha, preparados con anticipación para la respectiva toma de muestras. Llené hasta el límite del frasco, luego de tomada la muestra cerré herméticamente. Por ultimo rotule la muestra todas las muestras indicando el lugar, el punto, la hora y fecha del muestreo.

Antes y después del procedimiento de muestreo se realiza el llenado de la cadena de custodia para el respectivo control de cada muestra, indicando el lugar, fecha, hora, lugar de donde se extrajo la muestra.

Todas las muestras fueron transportadas dentro de un cooler para un mejor traslado desde el lugar de muestreo hasta el laboratorio, a excepción de las muestras para los análisis de metales, que fueron transportadas en una caja de polietileno de alta densidad a temperaturas de refrigeración con el objetivo de preservar las muestras hasta que lleguen al laboratorio.

Los datos sobre parámetros bacteriológicos, parasitológico, físico-químico y de metales pesados: se obtuvieron mediante el muestreo y análisis en los laboratorios de la DESA Ucayali, la DIGESA y el Laboratorio Acreditado por INACAL, durante las inspecciones especializadas y monitoreo de parámetros de campo. Los datos fueron registrados para su análisis comparativo con los LMPs, establecidos en el Reglamento de calidad del agua.

3.4.4. Frecuencia de recolección de datos y parámetros.

Teniendo en cuenta que la frecuencia de muestreo puede afectar el grado de representatividad, cuando este no permita la detección de cambios importantes de las características de calidad de las aguas, se consideró que el muestreo se realice durante el periodo de investigación que es de (03) meses, considerando como máximo una toma de muestras por cada mes en cada institución educativa seleccionada a excepción de la toma de muestras para el análisis de metales pesados que se realizara una sola vez en ambas instituciones educativas, entre la segunda y tercera fecha, pero por la presencia de parásitos que arrojó como resultado del análisis de una de las muestras obtenidas, se decidió realizar el muestreo cada quince días para tener un mejor control para este parámetro (parasitológico).

3.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.5.1. Técnicas.

Para la recolección de los datos se empleó el sistema de análisis estadístico, deduciendo la medida de tendencia central (media aritmética);

y de dispersión (desviación estándar), y valores extremos de los valores obtenidos de los indicadores en los tres (03) muestreos de agua de consumo para su respectivo análisis e interpretación de resultados.

Para lo cual se empleó dos (02) herramientas de softwares para el procesamiento y síntesis de datos: el programa estadístico informático IBM SPSS V.22 y el Microsoft Excel 2016.

Los resultados de los análisis de parámetros metales, fisicoquímicos y microbiológicos han sido expresados en medidas de tendencia central (Media aritmética) y de dispersión (desviación estándar y valores extremos).

3.5.2. Instrumentos.

- **Materiales: campo y gabinete**

- Papel secante (tissue)
- Frasco de vidrio borosilicato de 500 mL esterilizado en auto-clavado en el laboratorio.
- Envases para muestras hidrobiológicas de 4L (3,78L)
- Reactivos para preservar muestras
- Agua destilada
- Cordón de nylon
- Caja térmica
- Ice pack o sustituto de hielo (refrigerante)
- Formatos (cadena de custodia)
- Etiqueta para la identificación de frascos
- Plumón indeleble
- Tablero
- Libreta de campo
- Lapiceros
- USB

- **Equipos y herramientas**
 - Cámara fotográfica
 - GPS

- **Indumentaria de Protección**
 - Zapatos cerrados
 - Bata
 - Pantalón
 - Mascarilla cubre boca
 - Guantes quirúrgicos

3.6. Procesamiento para la recolección de datos

Los análisis de las muestras tomadas para los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y parasitológicos se llevaron a cabo en el Laboratorio Ambiental de la Dirección Regional de Salud de Ucayali - MINSA y en el Laboratorio de Control Ambiental de la Dirección General de Salud Ambiental de Inocuidad Alimentaria (DSAIA)–MINSA.

a. Método estandarizado de filtro de membrana.

El número de bacterias Coliformes totales y Coliformes termotolerantes presentes en el agua se determinaron mediante la filtración de volúmenes específicos de la muestra a través de filtros de membrana, usualmente, están compuestos de ésteres de celulosa, típicamente con poros de 0,450 mm de diámetro que retienen los Coliformes totales y otras clases de bacterias presentes en la muestra. Acto seguido se incubaron las membranas vueltas hacia arriba en un medio selectivo.

Tabla 9. Descripción de la metodología empleada en el laboratorio.

Determinación de:	Metodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222 B. 21 th ed. 2005.

Coliformes Termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222B. 21 th ed. 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
pH	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Cloro residual libre	Calorimétrico
Metales	EPA 200.7

Fuente: *DESA-U*

3.7. Tratamiento de datos.

El estudio corresponde a la estadística descriptiva. El análisis estadístico se basó en el cálculo de la medida de tendencia central (media aritmética); y de dispersión (desviación estándar y valores extremos) de los valores adquiridos de los indicadores en los tres (03) muestreos de agua de consumo para el análisis e interpretación de resultados.

Para tal fin fueron empleados dos (02) herramientas de software para el procesamiento y síntesis de los datos: Microsoft Excel 2016 e IBM SPSS V.22.

Para agregar los datos se ha utilizado Excel 2016 con la información recogida de los resultados del Laboratorio Ambiental de la Dirección Regional de Salud de Ucayali -MINSA y del Laboratorio de Control Ambiental de la Dirección General de Salud Ambiental de Inocuidad Alimentaria (DSAIA) -MINSA

Una vez extraída la información, mediante el programa estadístico informático IBM SPSS V.22, se han utilizado hojas de cálculo (Excel 2016) para los gráficos y Microsoft Word 2016 para tratamiento de texto.

Los datos están agregados por institución educativa, por la ubicación del punto de muestreo (antes y después del proceso). Los parámetros físicos y microbiológicos: B. Coliformes termotolerantes, B. Coliformes totales, cloro residual libre, conductividad, pH, sólidos disueltos totales, temperatura y turbidez, han sido expresados en medidas de tendencia

central (Media aritmética) y de dispersión (desviación estándar y valores extremos).

Los datos obtenidos de los análisis a los indicadores de metales considerados: Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Cadmio, Cobre, Cromo total, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Niquel, Plomo, Sodio y Zinc, fueron expresados en gráficos para su respectivo análisis en base al DS N° 031-2010-SA.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua antes del proceso de tratamiento, para su consumo en la Institución Educativa My. EP. Marko Emilio Jara Schenone - I.E. N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - I.E.I. N° 65102

Inicialmente, en las primeras pruebas se determinaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras de agua tomadas antes del proceso de osmosis inversa. Este análisis se realizó con el objetivo de evidenciar sus condiciones previo al tratamiento, ya que el agua apta para el consumo humano no debería presentar parámetros de mayor valor al de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo 031-2010-SA; se compararon los niveles de los parámetros del agua con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el DS N° 031-2010-SA; es importante señalar la importancia de conocer el estado de las aguas considerando que la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone cuenta con un sistema de captación de agua independiente (sistema de agua potable por bombeo) y que la IEI Ivonis Mazzarolo obtiene el agua potable de EMAPACOP SA.

Tabla 10. Resultados de los parámetros para la evaluación de la calidad de agua para el consumo humano, antes del proceso de osmosis inversa.

Parámetros	Unidad de medida	Institución Educativa		LMP
		My. EP. Marko Emilio Jara Schenone	Ivonis Mazzarolo	
B. Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	91,000	36,333	0
B. Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	29,667	10,667	0
B. Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	0	0	0

Huevos y larvas de Helminths, quistes y o quistes de protozoarios patógenos.	Nº org.L ⁻¹	0	0	0
Parásito	Nº org.L ⁻¹	0	0	0
OVL	Nº org.L ⁻¹	0	0	0
Turbiedad	UNT	7,14	0,30	5,0
pH	Valor de pH	7,4	7,3	6,5 8,5
Conductividad	µmho/cm	136,5	292,0	1 500
Sólidos Disueltos Totales	mgL ⁻¹	68,3	146,0	1 000
Cloro	mgL ⁻¹	0	0	0
Temperatura	°C	28,8	28,7	-

Como indica la **Tabla 10**, en base a los resultados, se obtuvo la media aritmética de los datos, logrando determinar si estos cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo 031-2010-SA y se conoció si las muestras de agua analizadas representan o no riesgo para la salud mediante la ingesta del agua según el DS 031-2010-SA. Lo que se observa a continuación.

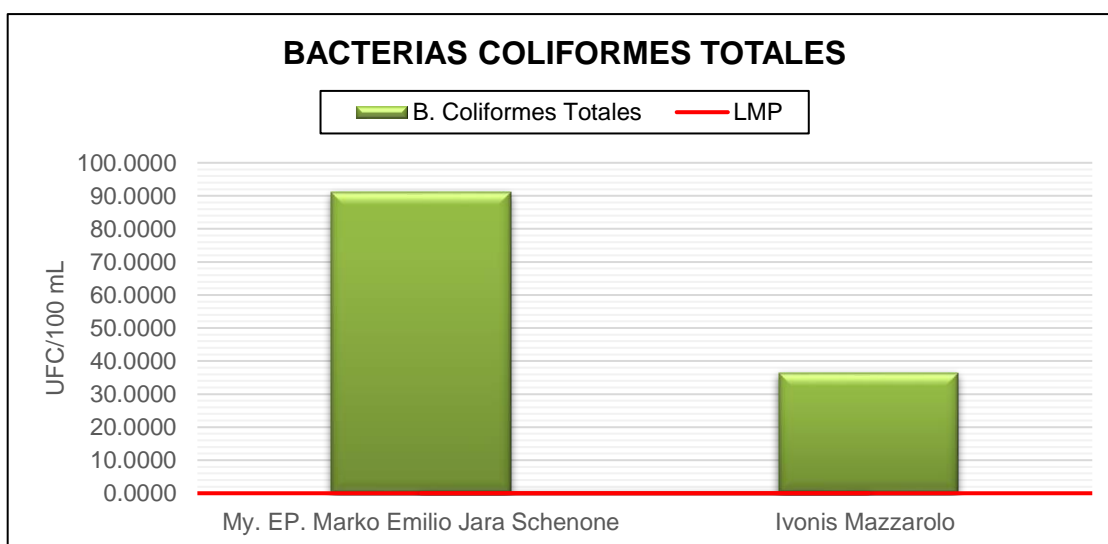


Figura 9. Resultado de la prueba de Bacterias Coliformes totales en las muestras de agua de consumo humano.

Para el caso de la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone se obtuvo el valor de 91,0000 UFC/100 mL y para el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo el valor de 36,333 UFC/100 mL, como se observa en la **Figura 9**. Lo que

evidencio que en ambas instituciones se presentan valores mayores al del Límite Máximo Permisible establecido en el Decreto Supremos N° 031-2010-SA.

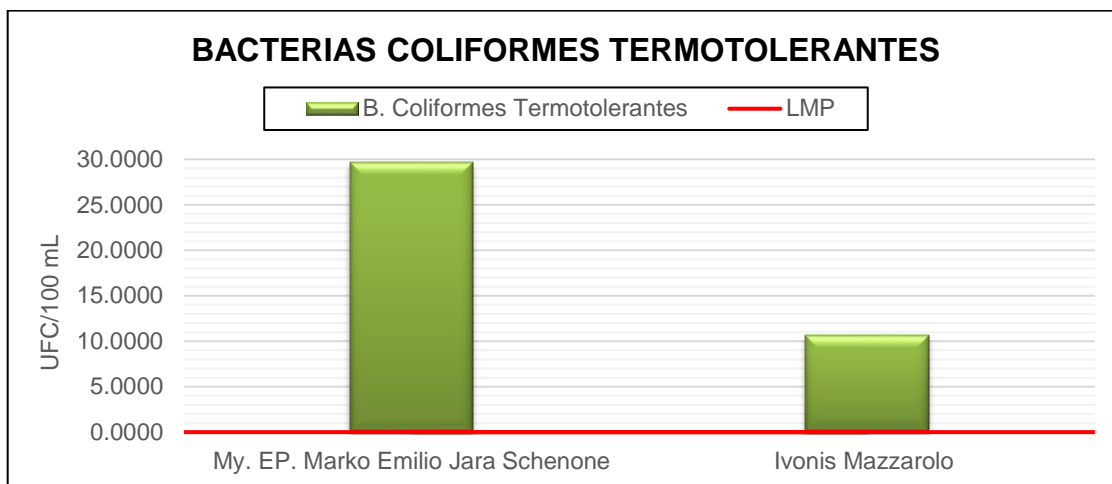


Figura 10. Resultado de la prueba de Bacterias Coliformes Termotolerantes en las muestras de agua de consumo humano.

En la **Figura 10** se muestra que en el caso de la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone se obtuvo el valor de 29,667 UFC/100 mL y para el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo el valor de 10,667 UFC/100 mL. Indicando que en ambas instituciones se presentan valores mayores al del Límite Máximo Permisible establecido en el Decreto Supremos N° 031-2010-SA.

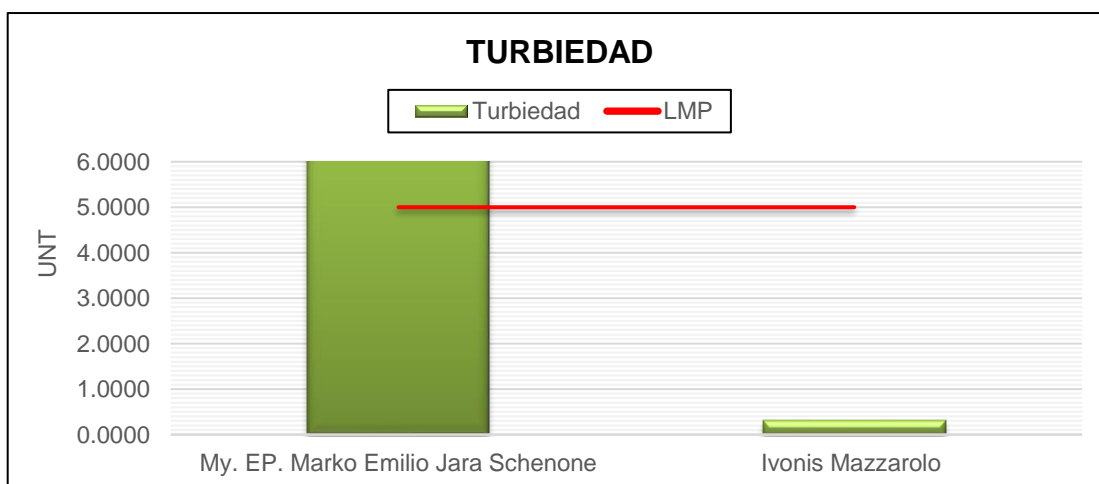


Figura 11. Resultado de la prueba de Turbiedad en las muestras de agua de consumo humano.

Como indica en la **Figura 11**, para el caso de la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone se obtuvo el valor de 7,14 UNT y para el caso de la

IEI Ivonis Mazzarolo se presentó el valor de 0,30 UNT. A partir de estos resultados se pudo conocer que sólo en la IEI Ivonis Mazzarolo el agua para consumo humano cumple con el límite máximo permisible para turbiedad, establecido en el Decreto Supremos 031-2010-SA.

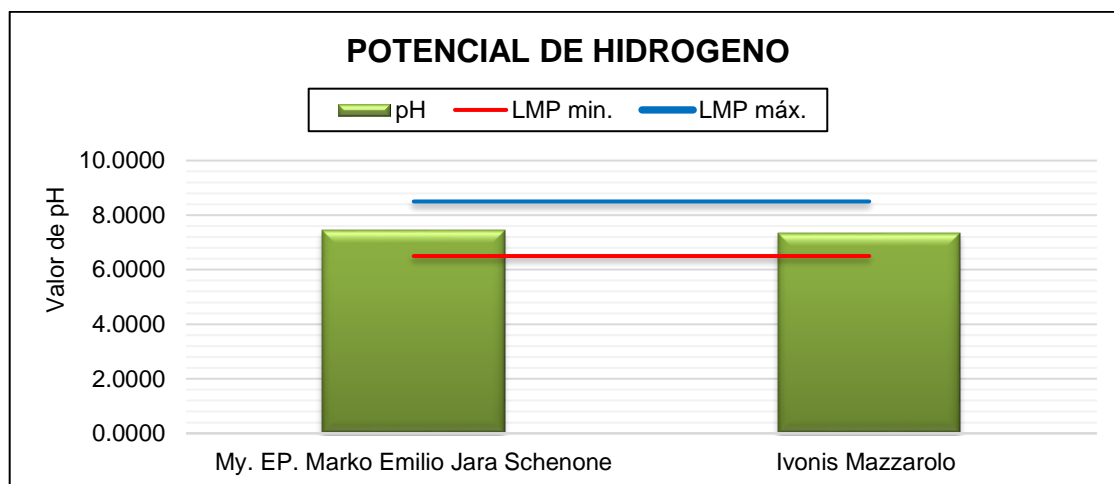


Figura 12. Resultado de la prueba del potencial de Hidrogeno (pH) en las muestras de agua de consumo humano.

Respecto al Potencial de Hidrogeno, **Figura 12**, en el caso de la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone se obtuvo 7,4 como valor de pH y para el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo se obtuvo 7,3 como valor de pH; evidenciando que en ambas instituciones se cumple con el Límite Máximo Permisible establecido en el Decreto Supremos 031-2010-SA.

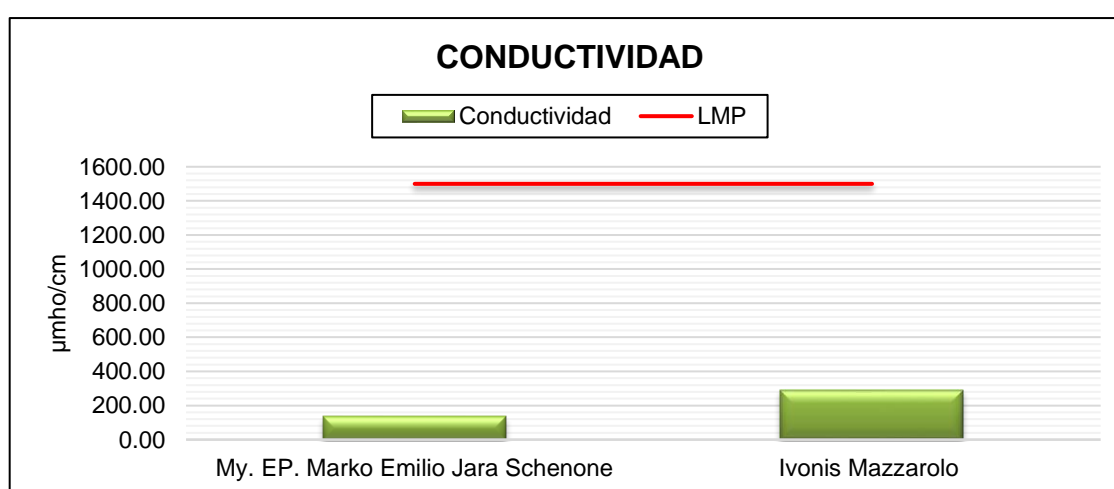


Figura 13. Resultado de la prueba de la conductividad en las muestras de agua de consumo humano.

Respecto a la conductividad, se observa en la **Figura 13** que, para el caso de IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone, se obtuvo el valor de

136,5 $\mu\text{mho/cm}$ y para el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo se obtuvo 292,0 $\mu\text{mho/cm}$; por lo que se pudo conocer que en ambas instituciones el agua para consumo humano cumple con el LMP establecido en el Decreto Supremos 031-2010-SA.

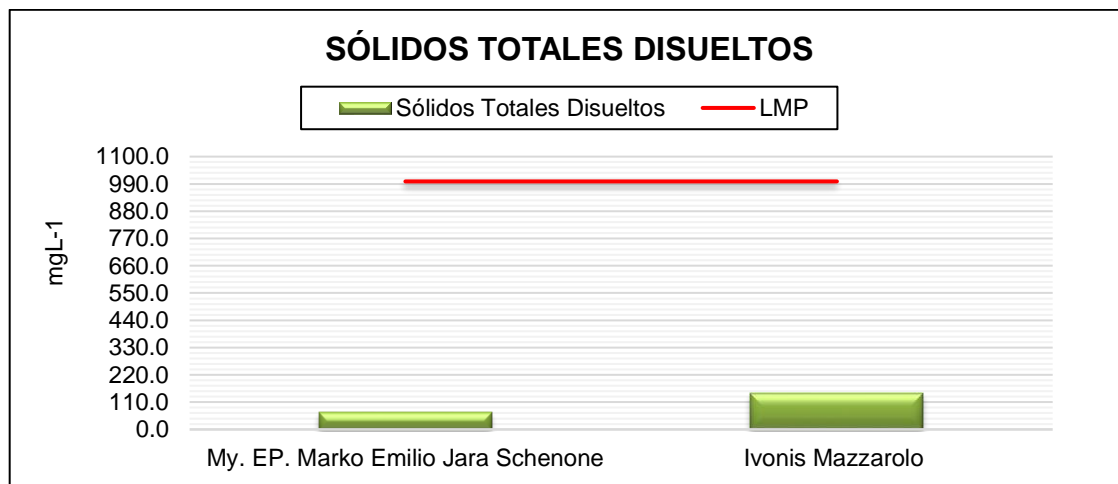


Figura 14. Resultado de la prueba de los sólidos totales en las muestras de agua de consumo humano.

En la **Figura 14** muestra que para el caso la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone se obtuvo el valor de 68,333 mgL^{-1} y para el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo el valor de 146,000 mgL^{-1} . Lo que evidencio que en ambas instituciones el agua para consumo humano cumple con el Límite Máximo Permisible establecido en el Decreto Supremos 031-2010-SA.

4.1.2. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de control obligatorio del agua para el consumo, en la Institución Educativa My. EP. Marko Emilio Jara Schenone - I.E. N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - I.E.I. N° 65102, después del sistema de ósmosis inversa.

Se determinaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras de agua tomadas después del proceso del sistema de osmosis inversa. Este análisis se realizó con el objetivo de evidenciar las condiciones del agua para consumo directo después de ser sometidas en el sistema de osmosis inversa, ya que el agua apta para el consumo humano no debería presentar parámetros de mayor valor al de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA; se considera que el agua es inocua para la salud siempre y cuando cumpla los requisitos de calidad establecidos en la norma mencionada. Como se identifica en la **Tabla 11**, considerando los resultados, se obtuvo la media de los datos a partir de la cual se determinó si estos cumplen con los LMPs establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Tabla 11. Resultados de los parámetros para la evaluación de la calidad de agua para el consumo humano, después del proceso de osmosis inversa.

Parámetros	Unidad de medida	Institución educativa		LMP
		My. EP. Marko Emilio Jara Schenone	Ivonis Mazzarolo	
B. Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0	0	0
B. C. Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0	0	0
B. Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	0	0	0
Huevos y larvas de Helminthos, quistes y o quistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0	0	0
Parasito	Nº org/L	0	0	0
OVL	Nº org/L	2100000	0	0

Turbiedad	UNT	0,31	0,09	5,0
pH	Valor de pH	7,0	7,0	6,5 – 8,5
Conductividad	µmho/cm	24,47	1,0	1 500
Sólidos Disueltos Totales	mgL-1	12,23	0,50	1 000
Cloro	mg Cl - L -1	0	0	0
Temperatura	°C	28,8	28,7	-

A continuación, se muestran los niveles de cada parámetro del agua para consumo humano de cada institución después de ser sometidas al proceso del sistema de osmosis inversa, es importante señalar la importancia de conocer el estado de las mismas considerando que la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone cuenta con su propio sistema de captación de agua (pozo y tanque elevado) y que la IEI Ivonis Mazzarolo obtiene el agua de consumo humano de EMAPACOP SA, esto permitió conocer si los parámetros del agua tiene valores por debajo de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el DS N° 031-2010-SA. Cabe resaltar que se ha identificado que solo para el caso de la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone se encontraron Organismos de Vida Libre (OVL) a niveles que sobrepasan el LMP.

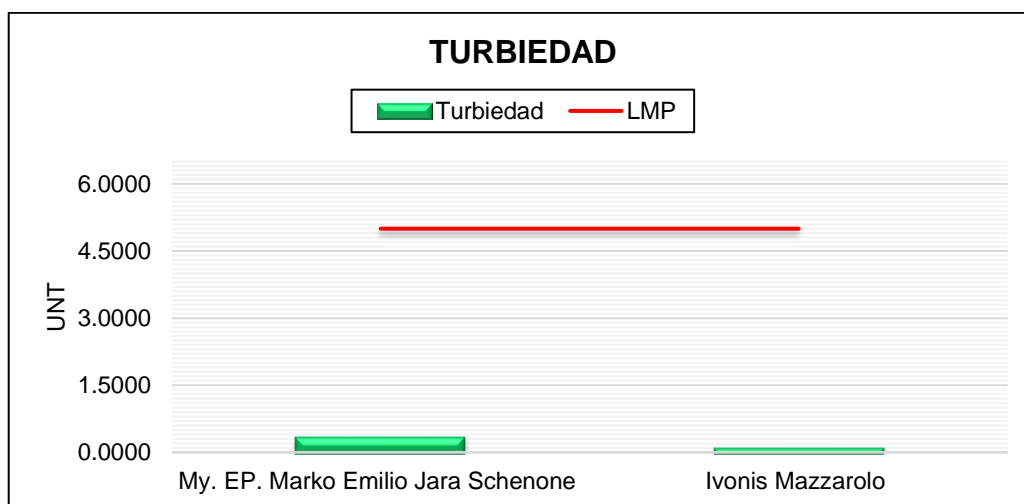


Figura 15. Resultado de la prueba de turbiedad de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.

Respecto a los niveles de turbiedad, como se ilustra en la **Figura 15**, en el caso de la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone se obtuvo 0,31 UNT y para el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo se obtuvo el valor de 0,09

UNT; lo que demostró que en ambas instituciones el agua para consumo directo cumple con el LMP establecido en el Decreto Supremos 031-2010-SA.

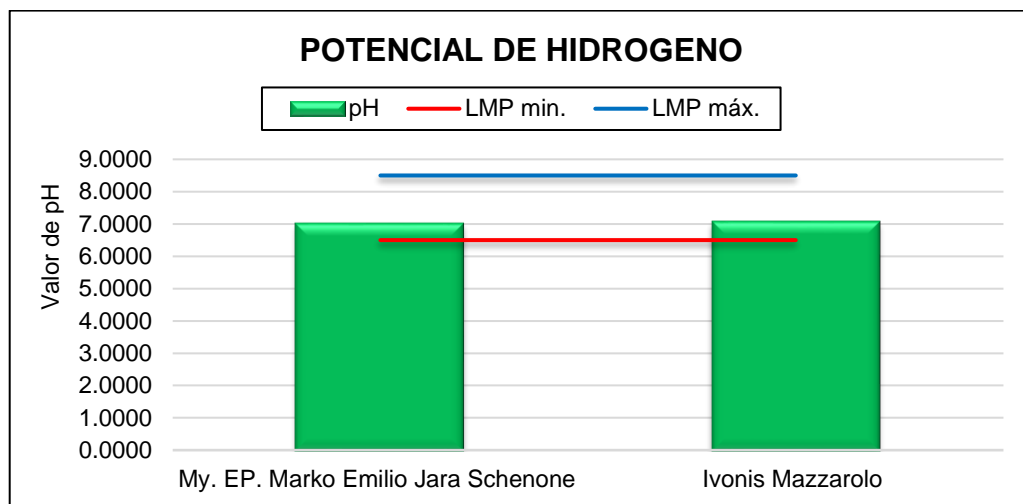


Figura 16. Resultado de la prueba de potencial de Hidrogeno (pH) de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.

En la **Figura 16**, muestra que los niveles del potencial de Hidrogeno están dentro del LMP. En el caso de la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone se obtuvo 7,0 como valor de pH y para el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo se obtuvo 7,0 como valor de pH; evidenciando que el agua para consumo directo cumple con el LMP establecido en el Decreto Supremos 031-2010-SA.

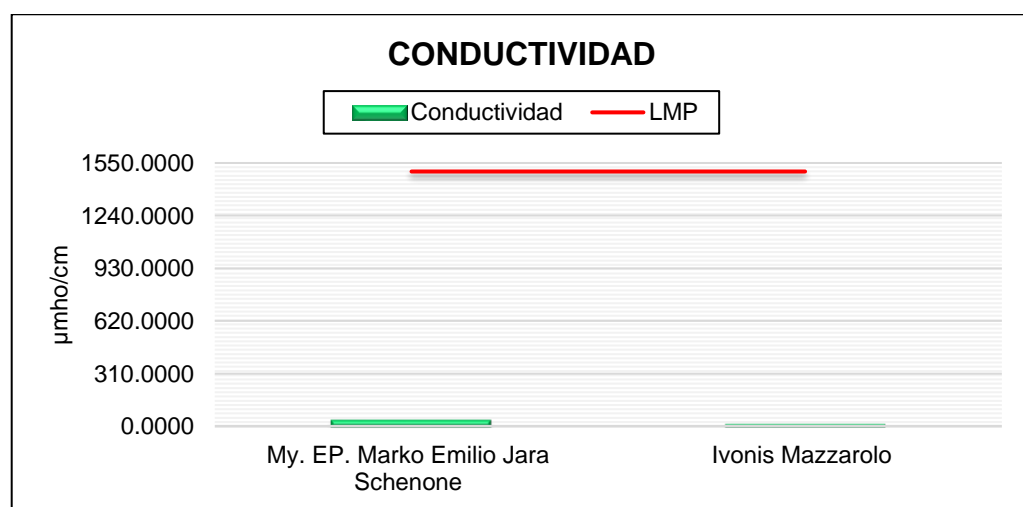


Figura 17. Resultado de la prueba de conductividad de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.

En la **Figura 17**, se puede identificar que los niveles de conductividad están dentro del LMP. En el caso de la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone se obtuvo el valor de 24,47 $\mu\text{mho/cm}$ y para el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo el valor de 1,0 $\mu\text{mho/cm}$; evidenciando que el agua cumple con el LMP establecido en el Decreto Supremos 031-2010-SA.

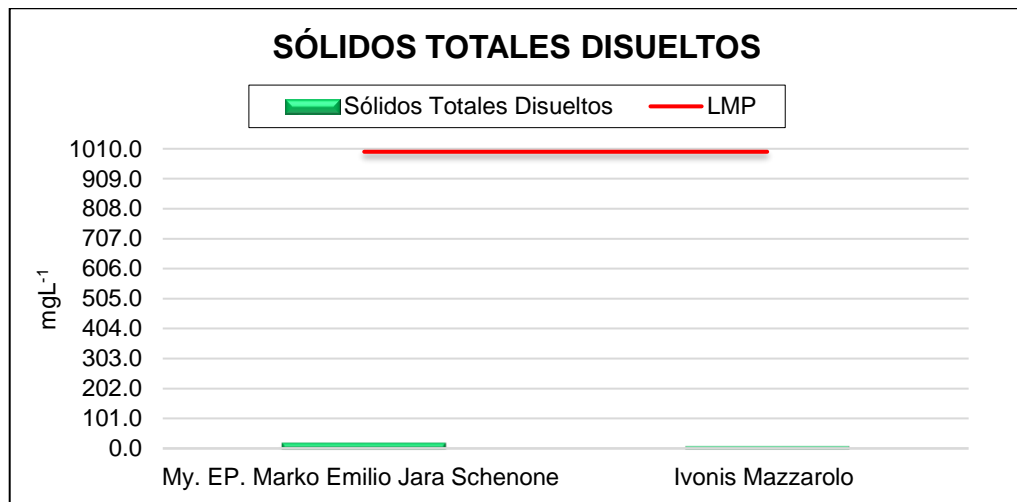


Figura 18. Resultado de la prueba de sólidos totales disueltos de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.

En la **Figura 18** se observa que, los niveles de sólidos totales disueltos cumplen con el Límite Máximo Permisible, ya que se obtuvo en el caso de la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone el valor de 12,23 mgL^{-1} y para el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo el valor de 0,50 mgL^{-1} ; evidenciando que en ambas instituciones el agua para consumo cumple con los establecido en el Decreto Supremos 031-2010-SA.

4.1.3. Los parámetros de metales pesados del agua para el consumo humano, en la Institución Educativa My. EP. Marko Emilio Jara Schenone - I.E. N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - I.E.I. N° 65102, después del sistema de ósmosis inversa.

Finalmente, se realizaron las pruebas donde se determinaron los niveles de metales pesados del agua después de ser sometida al proceso de osmosis inversa. Este análisis se realizó con el objetivo de evidenciar sus condiciones después del tratamiento, ya que el agua apta para el consumo humano no debería presentar parámetros de mayor valor al de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo 031-2010-SA; se considera que agua es inocua para la salud siempre y cuando cumpla los requisitos de calidad establecidos en la norma mencionada. Se muestra en la **Tabla 12** la media de los datos a partir de los cuales se determinó si estos cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Tabla 12. Resultados de metales en la evaluación de la calidad de agua para consumo humano después del sistema de ósmosis inversa.

Parámetros	Unidad de Medida	Institución educativa		LMP
		My. EP. Marko Emilio Jara Schenone	Ivonis Mazzarolo	
Aluminio	mg / L	0,04	0,07	0,2
Boro	mg / L	0,02	0,03	1,500
Bario	mg / L	0,007	0,096	0,700
Cadmio	mg / L	<0,0005	<0,0005	0,003
Cromo total	mg / L	<0,001	<0,001	0,050
Cobre	mg / L	0,008	0,007	2,0
Hierro	mg / L	0,039	0,068	0,3
Manganeso	mg / L	0,002	0,001	0,4
Molibdeno	mg / L	<0,002	0,003	0,07
Sodio	mg / L	2,87	80,7	200
Niquel	mg / L	<0,005	<0,005	0,020
Plomo	mg / L	<0,007	<0,007	0,010
Antimonio	mg / L	<0,02	<0,02	0,020
Zinc	mg / L	0,013	0,024	3,000
Arsénico	mg / L	<0,01	<0,01	0,010

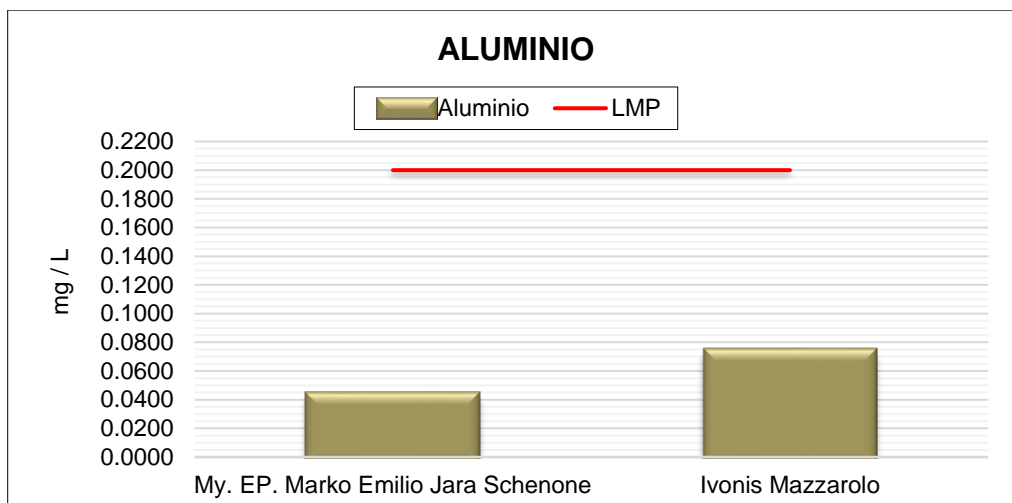


Figura 19. Resultado de la prueba de aluminio de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.

Se identificaron los niveles de aluminio, para el caso de la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone es el valor de $0,04 \text{ mgL}^{-1}$ y para el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo es el valor de $0,07 \text{ mgL}^{-1}$ como muestra la **Figura 19**; lo que evidencio que en ambas instituciones el agua cumplió con el Límite Máximo Permissible establecido en el DS N° 031-2010-SA.

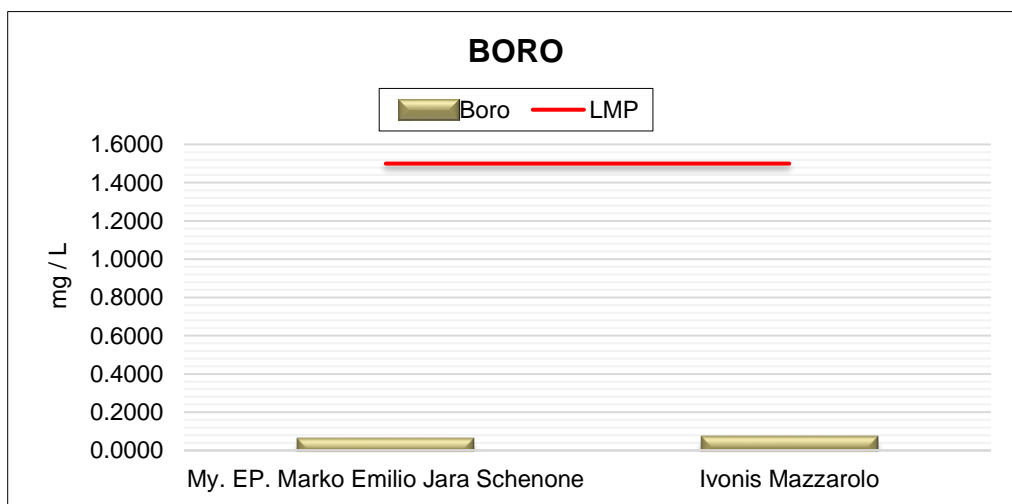


Figura 20. Resultado de la prueba de boro de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.

Los niveles de boro resultaron por debajo del Límite Máximo Permissible, como se ilustra en la **Figura 20**, en el caso de la IE My EP. Marko Emilio Jara Schenone se obtuvo $0,02 \text{ mgL}^{-1}$ y para el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo se obtuvo $0,03 \text{ mgL}^{-1}$; lo que evidencio que en ambos casos se cumplió con lo establecido en el DS N° 031-2010-SA.

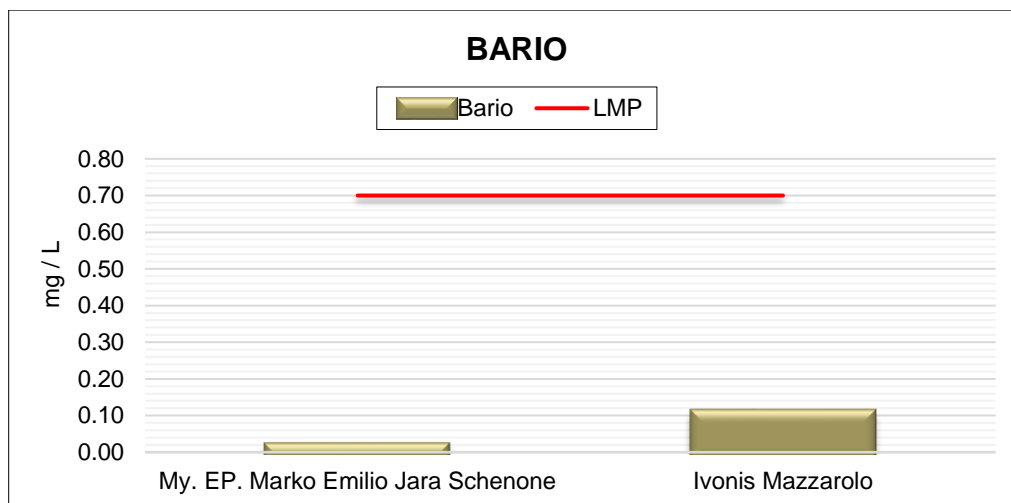


Figura 21. Resultado de la prueba de bario de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.

Los niveles de bario no sobrepasaron el Límite Máximo Permisible, como se indica en la **Figura 21**; en el caso de IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone se obtuvo $0,007 \text{ mgL}^{-1}$ y en el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo se obtuvo $0,096 \text{ mgL}^{-1}$; lo que demostró que en ambas instituciones el agua cumplió con lo establecido en el DS N° 031-2010-SA.

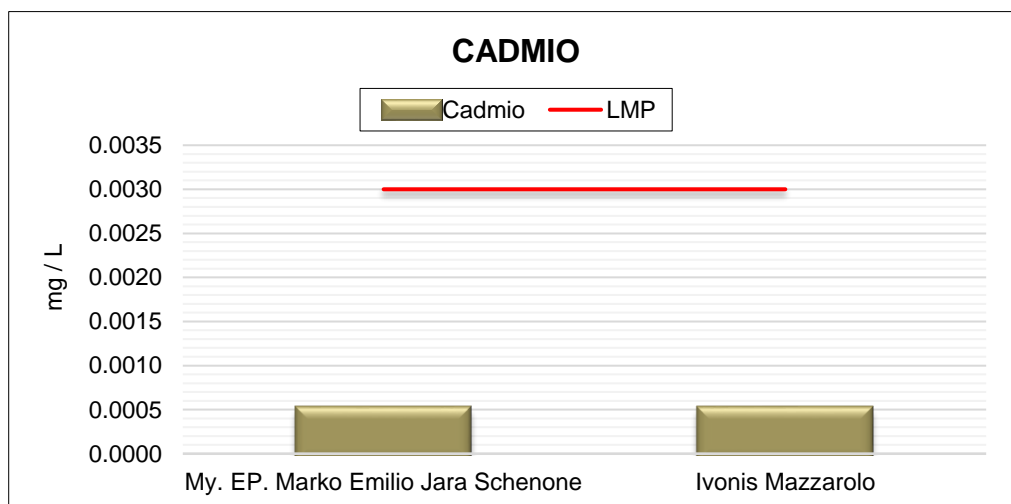


Figura 22. Resultado de la prueba de cadmio de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.

Los niveles de cadmio no sobrepasaron el Límite Máximo Permisible, como se observa en la **Figura 22**, ya que se obtuvo para ambas instituciones educativas el valor de $<0,0005 \text{ mgL}^{-1}$; evidenciando que el agua cumplió con el Límite Máximo Permisible establecido en el DS N° 031-2010-SA.

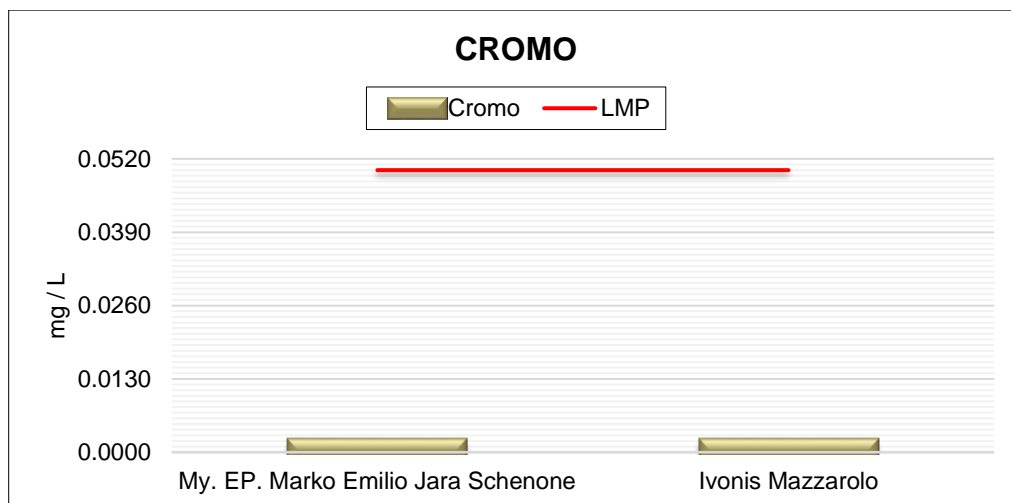


Figura 23. Resultado de la prueba de cromo de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.

Los niveles de cromo se encontraron por debajo del Límite Máximo Permisible. Como se muestra En la **Figura 23**, se obtuvo para ambas instituciones el valor de $<0,001 \text{ mgL}^{-1}$; lo que indico que se cumplió con lo establecido en el Decreto Supremos N° 031-2010-SA.

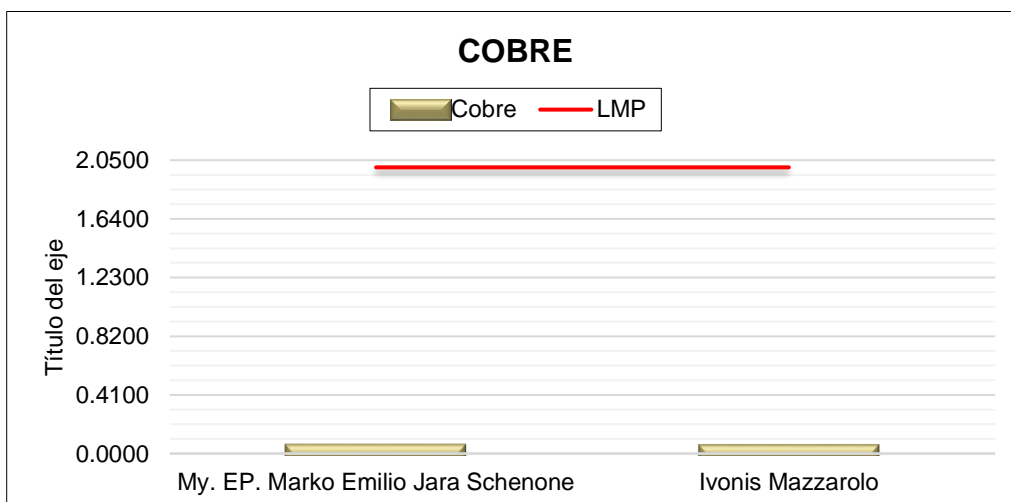


Figura 24. Resultado de la prueba de cobre de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.

Como se ilustra en la **Figura 24**, los niveles de cobre del agua no sobrepasaron el Límite Máximo Permisible. En el caso de la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone el valor de $0,008 \text{ mgL}^{-1}$ y para el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo se obtuvo el valor de $0,007 \text{ mgL}^{-1}$; lo que demostró que se cumplió con lo establecido en el Decreto Supremos N° 031-2010-SA.

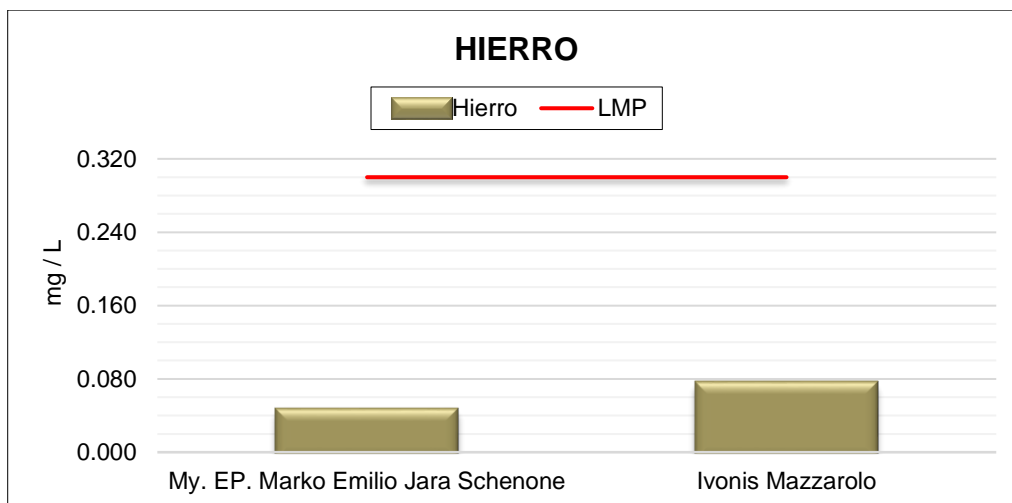


Figura 25. Resultado de la prueba de hierro de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.

Los niveles de hierro no sobrepasaron el Límite Máximo Permisible, como se muestra en la **Figura 25**, en el caso de la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone se obtuvo 0,039 mgL⁻¹ y para el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo se obtuvo 0,068 mgL⁻¹; lo que reflejo que se cumplió lo establecido en el Decreto Supremos 031-2010-SA.

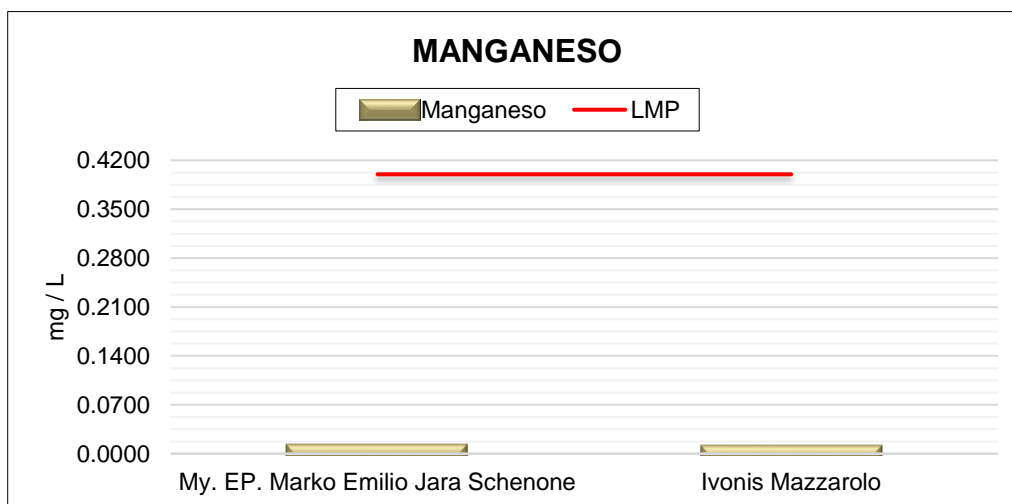


Figura 26. Resultado de la prueba de manganeso de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.

Respecto al manganeso, como se ilustra en la **Figura 26**, resulto en el caso de la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone 0,002 mgL⁻¹ y para el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo resultado 0,001 mgL⁻¹; probando que cumplió con el Límite Máximo Permisible establecido en el Decreto Supremos 031-2010-SA.

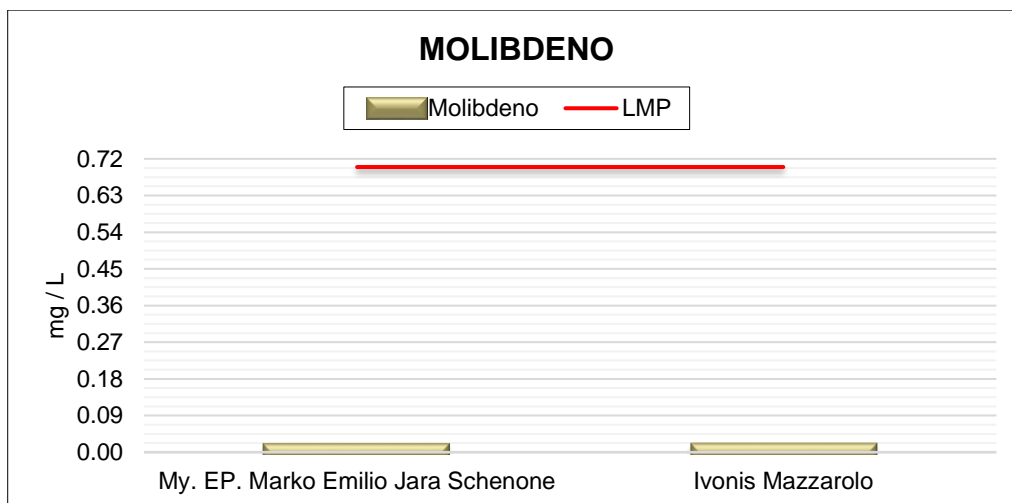


Figura 27. Resultado de la prueba de molibdeno de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.

Como se muestra en la **Figura 27**, los niveles de molibdeno no sobrepasaron el Límite Máximo Permisible. En el caso de la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone se obtuvo $<0,002 \text{ mgL}^{-1}$ y para el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo se obtuvo $0,003 \text{ mgL}^{-1}$; lo que demostró que se cumplió con lo establecido en el Decreto Supremos 031-2010-SA.

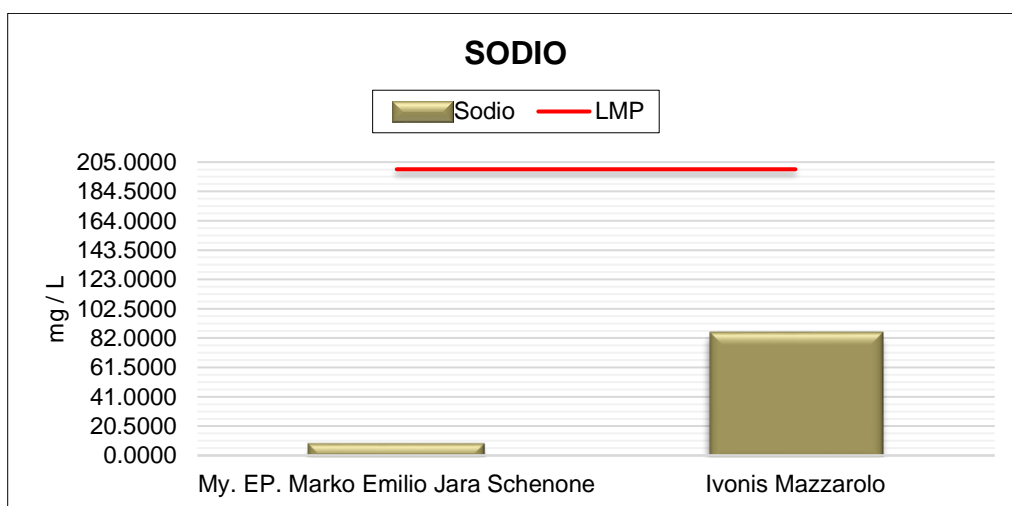


Figura 28. Resultado de la prueba de sodio de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.

Respecto a los niveles de sodio, como se ilustra en la **Figura 28**, se obtuvo en el caso de la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone el valor de $2,87 \text{ mgL}^{-1}$ y para el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo el valor de $80,7 \text{ mgL}^{-1}$; lo que evidenció que se cumplió con el Límite Máximo Permisible establecido en el Decreto Supremos 031-2010-SA.

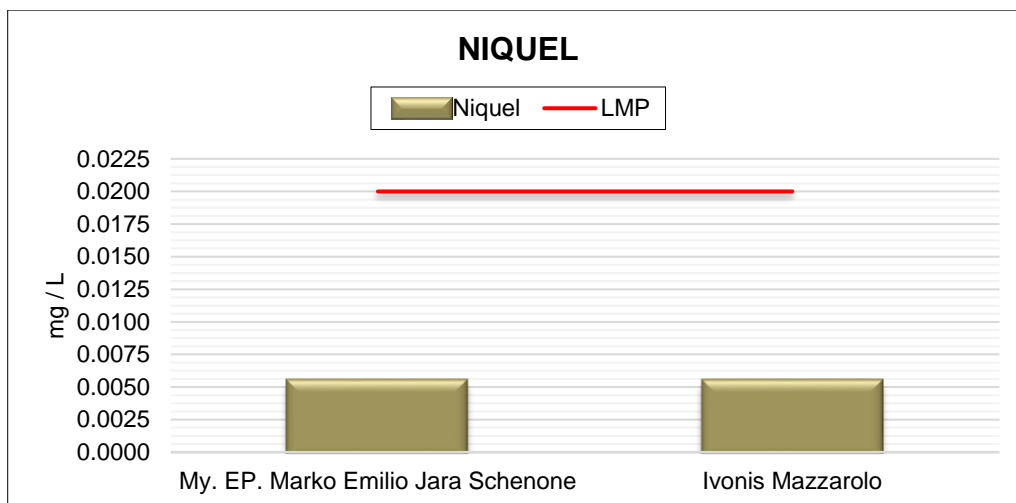


Figura 29. Resultado de la prueba de niquel de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.

En la **Figura 29**, se observa que los niveles de niquel se encontraron por debajo del Límite Máximo Permissible. Para ambos casos se obtuvo $<0,005 \text{ mgL}^{-1}$; lo que demostró que se cumplió con lo establecido en el Decreto Supremos 031-2010-SA.

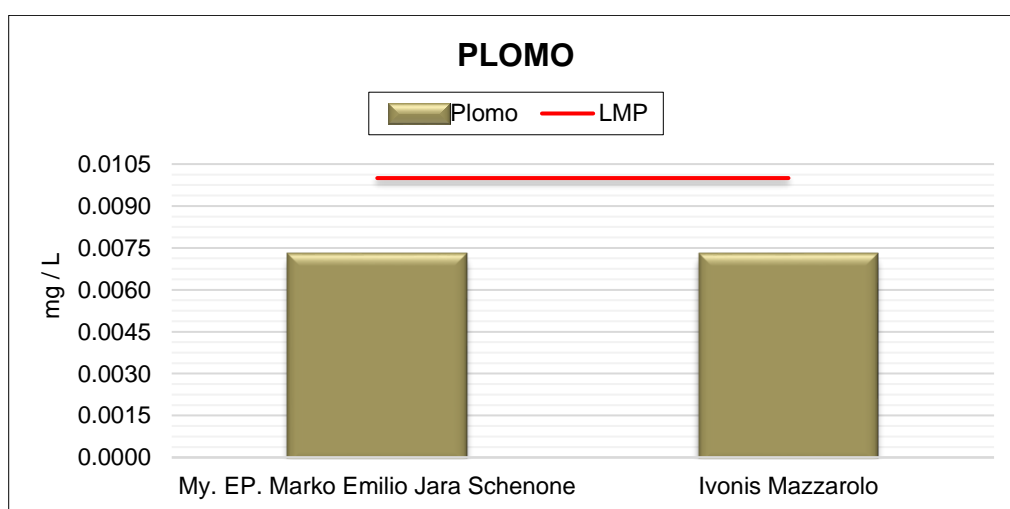


Figura 30. Resultado de la prueba de plomo de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.

En relación al plomo, como se ilustra en la **Figura 30**, no sobrepasaron el Límite Máximo Permissible. En el caso de ambas instituciones se obtuvieron $<0,007 \text{ mgL}^{-1}$; lo que probó que cumplió con lo establecido en el Decreto Supremos 031-2010-SA.

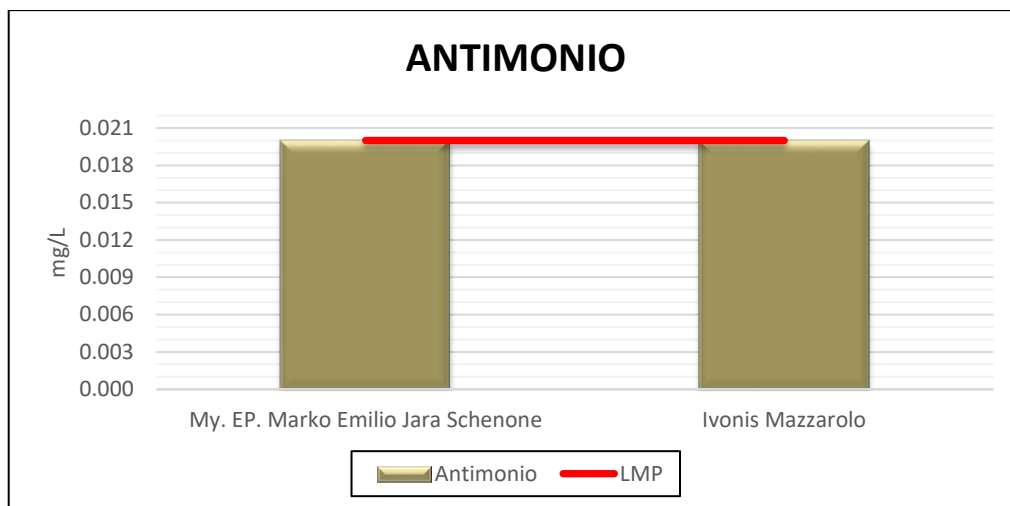


figura 31. De la prueba de antimonio del agua de consumo humano después ser sometida al proceso de osmosis inversa.

respecto al antimonio para ambos casos se obtuvo $<0,02 \text{ mgL}^{-1}$, como se observa en la figura 31, esto reflejó que, aunque los valores se encuentran en el Límite Máximo Permitido se cumplió con lo establecido en el Decreto Supremos 031-2010-SA.

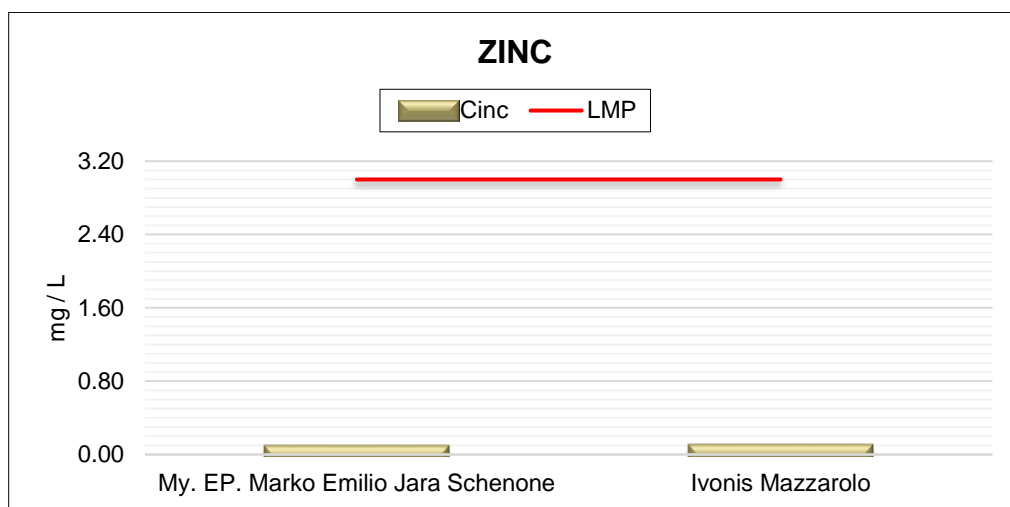


Figura 32. Resultado de la prueba de cinc de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento.

Como se ilustra en la Figura 32, se observa que los niveles de Zinc se encontraron por debajo del Límite Máximo Permisible. En el caso de la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone se obtuvo $0,013 \text{ mgL}^{-1}$ y para el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo se obtuvo $0,024 \text{ mgL}^{-1}$; lo que probó que cumplió con lo establecido en el Decreto Supremos 031-2010-SA.

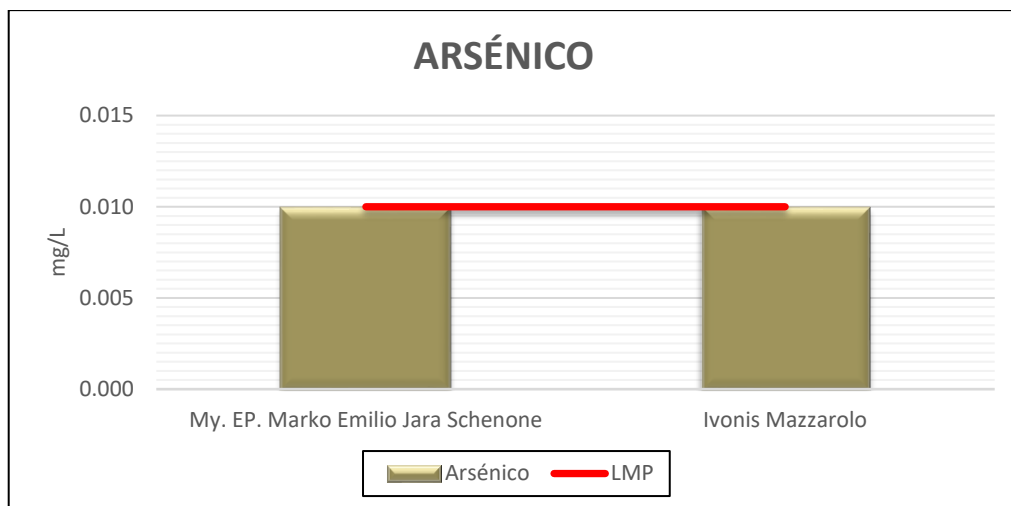


Figura 33. Resultado de la prueba de arsénico de las muestras de agua de consumo humano después del tratamiento

Como se muestra en la figura 33, en el caso de ambas instituciones se obtuvieron $<0,01 \text{ mgL}^{-1}$; aunque los valores se encuentran en el Límite Máximo Permitido no se sobrepasó el LMP lo que evidenció que cumplió con lo establecido en el Decreto Supremos 031-2010-SA.

4.2. Discusión

De acuerdo a la norma D.S. N° 031-2010-SA, se indica que el agua de calidad óptima para el consumo humano debe cumplir con los parámetros establecidos en la misma normativa, por lo que en esta investigación se analizaron y compararon los resultados obtenidos con los Límites Máximos Permisibles (LMPs) establecidos en el Reglamento de Calidad del Agua Para Consumo Humano, D.S. N° 031-2010-SA.

Con respecto a los niveles de Bacterias Coliformes Totales, antes del proceso, en ambas instituciones se evidencio presencia de bacterias esto pudo haber sido por una falta de mantenimiento en las instalaciones de almacenamiento y distribución. También se vio, según los datos, que el agua proveniente del pozo (IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone) presento mayor cantidad de B.C. Totales en comparación con las aguas provenientes de EMAPACOP SA (IEI Ivonis Mazzarolo); esto fue preocupante pues debió dar como resultado “ausencia de coliformes totales”; la presencia de estos microorganismos indicaría que el tratamiento al que se ha sometido al agua no es el adecuado; la presencia de coliformes totales en sistemas de distribución y en el agua almacenada reveló reprobación y posible formación de biopelículas, o contaminación por la entrada de materiales extraños. Después del proceso, en ninguna de las instituciones se notó presencia de estas bacterias por lo que, considerando que la reducción de la bacteria varía según el tamaño del poro de la membrana, la integridad del medio filtrante, de los sellos de los filtros y de la resistencia al avance de la degradación química y biológica; se pudo ver que el sistema de osmosis inversa logro la remoción adecuada de las B. C. Totales, cumpliendo con la norma que indica como 0 UFC/100 mL el Límite Máximo Permisible para B. Coliformes Totales.

Un similar resultado se reflejó respecto a los niveles de Bacterias Coliformes Termotolerantes o fecales, antes del proceso, en ambas instituciones hubo presencia de bacterias esto también pudo haber sido por un inadecuado manejo en el sistema de tratamiento previo de las aguas, considerando que estas bacterias se caracterizan por soportar

temperaturas de hasta 45 °C, aunque comprendió un grupo muy reducido de microorganismos, estos resultados fueron preocupantes porque estas bacterias son representantes de contaminación por origen fecal, por tanto, se consideró como principal indicador de higiene. El agua proveniente del pozo (IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone) presentó mayor cantidad de B.C. Termotolerantes en comparación con las aguas provenientes de EMAPACOP SA (IEI Ivonis Mazzarolo), estos resultados reflejaron una contaminación fecal reciente, por lo que tras su detección se consideró como toma de medidas adicional, la realización de los otros muestreos más pronto de lo planeado, y se sugirió la indagación de p fuentes de contaminación, como un tratamiento inadecuado o daños al sistema de distribución, pues indicó la existencia de fallas en la eficiencia de tratamiento de aguas y/o en las instalaciones de distribución. Por el contrario, después del proceso, en ninguna de las instituciones se notó presencia de estas bacterias por lo que el sistema de osmosis inversa pudo lograr una adecuada remoción de las B. C. Termotolerantes, y cumplió con lo indicado en la norma sobre el Límite Máximo Permisible de 0 UFC/100 mL para B. Coliformes Termotolerantes; esta reducción de la bacteria pudo haberse debido a que el tamaño del poro de la membrana, la integridad del medio filtrante, de los sellos de los filtros y de la resistencia al avance de la degradación química y biológica es adecuada dando como resultado que el sistema de osmosis inversa respondiera de forma óptima.

En cuanto a los niveles B. Heterotróficas, Huevos y larvas de Helminths, quistes y o quistes de protozoarios patógenos, Parásito y los Organismos de vida libre (OVL) no hubo presencia significativa antes del proceso y después del proceso de osmosis inversa por lo que de acuerdo al Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano no se sobrepasó el Límite Máximo Permisible.

Los niveles de turbiedad, según se analizó, en el agua de la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone (pozo) hubo mayor turbiedad que en el agua de la IEI Ivonis Mazzarolo (EMAPACOP SA), aunque en esta última los resultados no excedieron al Límite Máximo Permisible establecido en

el DS N° 031-2010-SA, para el caso de los niveles de turbiedad de 5 UNT; de los resultados de la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone (pozo) se presentó un nivel de 7,14 UNT esto pudo deberse por el estado del agua de la fuente, un tratamiento deficiente o en la distribución por la alteración de sedimentos a través de roturas de tuberías u otras fallas. Si bien la mayoría de las partículas que contribuyen a la turbidez no tienen importancia para la salud, pueden indicar la presencia de contaminantes químicos y microbianos peligrosos por lo que es importante que se tenga en cuenta porque reflejo fallas en el sistema de abastecimiento de agua. Después del proceso, en ninguna de las instituciones, el agua tuvo presencia de turbiedad que haya excedido el Límite Máximo Permisible. Considerando a la OMS que refiere que lograr una turbidez baja en el agua de bebida es un indicador probado de la eliminación de patógenos, por ende, de la seguridad del agua de bebida, estos resultados reflejaron la eficacia del tratamiento de agua para la ingesta porque no se excedió el Límite Máximo Permisible establecido en el DS N° 031-2010-SA.

Respecto al Potencial de Hidrogeno, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua, aunque no suele afectar directamente al usuario, su control se consideró fundamental. Según el análisis de los resultados, antes y después del proceso de osmosis inversa presentaron niveles dentro del Límite Máximo Permisible de 6,5 - 8,5 valor de pH establecido en la norma DS N° 031-2010-SA.

La conductividad al ser uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua, a pesar de que no suele tener efectos directos en el consumidor su control fue fundamental. Según los resultados, antes y después del proceso de osmosis inversa presentaron niveles por debajo del Límite Máximo Permisible establecido en la norma DS N° 031-2010-SA.

Los niveles de Aluminio, como indica la norma DS N° 031-2010-SA, su presencia en el agua para consumo humano no debió superar los 0,2 mgL⁻¹, considerando que en concentraciones mayores a 0,1–0,2 mgL⁻¹ suele ocasionar problemas. En los resultados de los análisis indicaron que

en la IE My. EP (pozo) el agua tenía niveles de $0,04 \text{ mgL}^{-1}$ de Al y en la IEI Ivonis Mazzarolo (EMAPACOP SA) el agua contenía $0,07 \text{ mgL}^{-1}$ de Al. Los resultados reflejaron que los niveles de aluminio en ambos casos están muy por debajo del Límite Máximo Permisible; considerando lo indicado por la OMS en los Criterios de Salud Ambiental (CSA), el agua con estos niveles presentados no se consideró un riesgo de producir toxicidad aguda en el consumidor, ni como factor de riesgo para el desarrollo de la aparición temprana de Alzheimer en el ser humano aunque el riesgo de desarrollar dicha enfermedad por exposición a concentraciones de aluminio en el agua de consumo humano mayores de 0.1 mgL^{-1} son bajos.

Los niveles presentes de Boro después del proceso de osmosis inversa de agua para consumo humano indican que en la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone (pozo) resultó $0,02 \text{ mgL}^{-1}$ y en la IEI Ivonis Mazzarolo (EMAPACOP SA) presento $0,03 \text{ mgL}^{-1}$, considerando el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano que indica que los niveles no debieron superar los $1,500 \text{ mgL}^{-1}$ se reflejó que es un tratamiento recomendable porque el proceso de osmosis inversa puede conseguir una disminución significativa de la presencia de boro en el agua tratada, teniendo en cuenta que los tratamientos convencionales del agua como coagulación, sedimentación y filtración no eliminan cantidades significativas de boro. Comparados con los resultados, los niveles de boro en ambos casos están muy por debajo del Límite Máximo Permisible por lo que los niveles de boro presentes en el agua no representaron ningún riesgo toxicológico para la salud.

Respecto a los niveles de bario, en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano indica que su presencia en el agua de consumo no debe superar los $0,007 \text{ mgL}^{-1}$ esto debido a que cuando las concentraciones de bario en el agua son altas, el agua potable puede contribuir significativamente a la ingesta total y según se ha demostrado en animales de laboratorio el bario puede causar nefropatía. Los resultados después del proceso de osmosis inversa de agua para consumo humano indicaron que en la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone (pozo) se

presentó $0,007 \text{ mgL}^{-1}$ de Ba y en la IEI Ivonis Mazzarolo (EMAPACOP SA) se presentó $0,096 \text{ mgL}^{-1}$ de Ba habiendo sido comparados con el Límite Máximo Permisible (LMP) de $0,700 \text{ mgL}^{-1}$ se demostró que están muy por debajo del LMP por lo que los niveles de bario no representaron ningún riesgo para la salud, considerando que cuando las concentraciones de bario en el agua son altas puede contribuir en casos de hipertensión aguda, cabe mencionar que aunque no hay evidencia de que el bario sea cancerígeno o genotóxico, se ha demostrado que el bario causa nefropatía en animales de laboratorio (OMS, 2006); estos niveles bajos de bario pudieron deberse al proceso osmosis inversa al ser uno de los tratamientos que puede remover el bario presente en el agua.

Sobre el cadmio, los resultados después del proceso de osmosis inversa de agua para consumo humano indicaron que en la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone (pozo) y en la IEI Ivonis Mazzarolo (EMAPACOP SA) se presentaron niveles menores que $0,0005 \text{ mgL}^{-1}$ habiendo sido comparados con el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano donde se señala que como Límite máximo permisible $0,003 \text{ mgL}^{-1}$ se demostró los niveles de cadmio son adecuados; respecto a los resultados, pudieron deberse a la osmosis inversa y a los tratamientos previos en el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo (EMAPACOP SA) debido a que para la eficiencia del tratamiento de cadmio la concentración debería reducirse mediante coagulación o ablandamiento por precipitación.

El Cromo total en las muestras, tomadas después del proceso de osmosis inversa de agua para consumo humano, de la IE My. EP. Marko Emilio Jara Schenone (pozo) y de la IEI Ivonis Mazzarolo (EMAPACOP SA) indicaron menos de 0.001 mgL^{-1} de cromo total, estando por debajo del Límite Máximo Permisible (LMP) de 0.05 mgL^{-1} , lo que indicó que las concentraciones de cromo total presente en el agua en ambas instituciones fueron adecuadas y que no ha representado un riesgo para la salud de los consumidores al considerarse que el cromo en niveles mayores al LMP representan un riesgo significativo para la salud de sufrir mutaciones por

efectos genotóxicos o cáncer de pulmón asociados a la exposición oral del consumidor.

Respecto a los niveles de Cobre se obtuvo que para la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone (pozo) se presentó $0,008 \text{ mgL}^{-1}$ de cobre y para IEI Ivonis Mazzarolo (EMAPACOP SA) se presentó $0,007 \text{ mgL}^{-1}$ de cobre, estos resultados fueron comparados con el Límite Máximo Permisible (LMP) de $2,0 \text{ mgL}^{-1}$, descrito en el DS N°031-2010-SA, e indicaron que los niveles de cobre fueron adecuados al no sobrepasar el LMP y que pudo deberse a la osmosis inversa, proceso no convencionales, porque los tratamientos convencionales no eliminan el cobre.

Respecto al Hierro, dieron como resultados para el caso de la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone (pozo) presentó niveles de $0,039 \text{ mgL}^{-1}$ y para el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo (EMAPACOP SA) presentó niveles de $0,068 \text{ mgL}^{-1}$, se compararon estos resultados con el Límite Máximo Permisible (LMP) de $0,3 \text{ mgL}^{-1}$ y evidenció que los procesos por los que ha pasado el agua para ser agua de consumo humano fueron adecuado porque contenían niveles de hierro que no excedió el LMP; el hierro al estar por debajo del LMP no representó un riesgo para la salud, ni pudo haber afectado la aceptabilidad del agua de ingesta.

Sobre los niveles de Manganeso, los resultados indicaron que en la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone (pozo) el agua presentó $0,002 \text{ mgL}^{-1}$ y en la IEI Ivonis Mazzarolo (EMAPACOP SA) el agua presentó $0,001 \text{ mgL}^{-1}$, después de ser comprados con el Límite Máximo Permisible de $0,4 \text{ mgL}^{-1}$ demostraron que los niveles de Manganeso en el agua fueron adecuados pudiendo deberse a los procesos por los que ha sido sometida el agua, y que no representó una preocupación para la salud en niveles que normalmente causan problemas de aceptabilidad del agua de consumo humano. Sin embargo, hay circunstancias en las que el manganeso puede permanecer en solución en concentraciones más altas en algunas aguas ácidas o anaerobias, especialmente en las aguas subterráneas por ello se refleja que el proceso de osmosis inversa fue óptimo.

Respecto al Molibdeno, para el caso de la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone (pozo) los resultados indicaron que en el agua presentó menos de $0,002 \text{ mgL}^{-1}$ y para el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo (EMAPACOP SA) los resultados indicaron $0,003 \text{ mgL}^{-1}$, estos resultados fueron comparados con el Límite Máximo Permisible (LMP) de $0,07 \text{ mgL}^{-1}$, establecido en el DS N°031-2010-SA, y demostraron que los niveles de Molibdeno en el agua son adecuados, pudiendo deberse a los procesos por los que ha pasado el agua, y que las concentraciones no representaron una preocupación para la salud.

Los niveles de Sodio, según los resultados indicaron para el caso de la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone (pozo) presencia de $2,87 \text{ mgL}^{-1}$ y para el caso de la IEI Ivonis Mazzarolo (EMAPACOP SA) presencia de $80,7 \text{ mgL}^{-1}$; estos resultados fueron comparados con el Límite Máximo Permisible (LMP) correspondiente a 200 mgL^{-1} , establecido en el DS N°031-2010-SA, y demostraron que los niveles de sodio después del proceso de osmosis inversa fueron adecuados y pudieron deberse a los procesos por los que fue sometida el agua, además, no se consideró como una preocupación para la salud en niveles que normalmente hubiesen causado problemas con respecto a los aspectos relativos a la aceptabilidad del agua, debido a que el sodio puede afectar el sabor del agua de bebida a niveles superiores a aproximadamente 200 mgL^{-1} , lo que reflejó que el proceso de osmosis inversa es óptimo y puede reducir posibles problemas con respecto a los aspectos relativos a la aceptabilidad del agua potable.

Respecto a los niveles del Níquel, se obtuvieron en los resultados de los análisis que en la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone (pozo) y en la IEI Ivonis Mazzarolo (EMAPACOP SA) el agua presentó menos de $0,005 \text{ mgL}^{-1}$ de níquel, en comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) de $0,020 \text{ mgL}^{-1}$ reflejaron que el nivel de níquel en el agua después del proceso de osmosis inversa es adecuado. Esto pudo deberse a que, para aguas bajas en sólidos, el uso de carbón activado puede mejorar la remoción de níquel ya que la filtración con carbón activado granular puede dar una remoción de níquel del 35% al 80%, dependiendo de la especiación

del níquel; por lo que el agua proveniente del proceso de osmosis inversa no representó una preocupación para la salud en niveles que normalmente causan problemas de toxicidad por la presencia considerable de níquel, por ello se reflejó que el proceso por el que paso el agua para su ingesta es óptimo para reducir los niveles de níquel por debajo del Límite Máximo Permisible.

Para el Plomo los resultados indicaron que tanto para la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone (pozo) y la IEI Ivonis Mazzarolo (EMAPACOP SA) se presentaron niveles menores de $0,007 \text{ mgL}^{-1}$, en comparación con el Límite Máximo Permisible de $0,010 \text{ mgL}^{-1}$, establecido en el DS N°031-2010-SA, demostraron que el nivel de plomo en el agua después del proceso de osmosis inversa fue adecuado. En consecuencia, las aguas provenientes del proceso de osmosis inversa no representaron una preocupación para la salud en niveles que normalmente representan un peligro por la presencia de plomo en el agua de consumo por ello se refleja que el proceso es óptimo para controlar los niveles adecuados de plomo.

Sobre los niveles de Antimonio, los resultados indicaron que tanto para la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone (pozo) y la IEI Ivonis Mazzarolo (EMAPACOP SA) se presentaron niveles menores de $0,02 \text{ mgL}^{-1}$, habiendo sido comparados con el Límite Máximo Permisible (LMP) de $0,020 \text{ mgL}^{-1}$, establecido en el DS N°031-2010-SA, reflejaron que el nivel de antimonio de las aguas después del proceso de osmosis inversa fue adecuado, los resultados pudieron deberse al proceso de osmosis inversa considerando que los tratamientos convencionales no eliminan el antimonio; a pesar de que el antimonio es un contaminante no habitual del agua no tratada (OMS, 2006) se consideró importante su control porque el tipo de antimonio en el agua de consumo humano es un determinante clave de su toxicidad aunque no hubo datos que indicasen capacidad cancerígena por vía oral. En consecuencia, los niveles de antimonio que se presentaron en el agua no represento una preocupación para la salud en niveles que normalmente representan un peligro por su presencia en el agua por ello se reflejó que el proceso por el que paso fue óptimo.

La presencia de Zinc según los resultados indicaron que en la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone (pozo) el agua presentó $0,013 \text{ mgL}^{-1}$ y en la IEI Ivonis Mazzarolo (EMAPACOP SA) el agua presentó $0,024 \text{ mgL}^{-1}$ estos resultados en comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) de $3,000 \text{ mgL}^{-1}$, establecido en el DS N°031-2010-SA, lo que reflejó que el nivel de zinc en el agua fue adecuados y que pudo deberse a los procesos por los que fue sometido el agua, y que no sería una preocupación para la salud en niveles que pudieron originar problemas, habiendo tenido en cuenta que al ingerir el agua con niveles de zinc igual o mayor a 3 mgL^{-1} puede percibirse un sabor astringente indeseable tendiendo a ser opalescente y a desarrollar una película grasosa cuando se hierve; estos resultados reflejaron que el proceso de osmosis inversa fue óptimo y pudo reducir posibles problemas con respecto a los aspectos relativos a la aceptabilidad del agua, y redujo el riesgo a afecciones a la salud ocasionadas por la ingesta de aguas con niveles de zinc mayores a los recomendados.

Según los resultados, los niveles de arsénico en el agua después del proceso de osmosis inversa indicaron en la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone (pozo) y en la IEI Ivonis Mazzarolo (EMAPACOP SA) se presentaron menos de $0,01 \text{ mgL}^{-1}$; estos resultados en comparación con el Límite Máximo Permisible de $0,010 \text{ mgL}^{-1}$, establecido en el DS N°031-2010-SA, y reflejo que el nivel de arsénico después del proceso de osmosis inversa fue adecuado. Teniendo en cuenta que la gran mayoría de casos de exposición se produce a través de las aguas subterráneas contaminadas de forma natural, el agua potable, el agua utilizada en la preparación de alimentos y el agua utilizada para regar los cultivos alimentarios; por lo que este proceso demostró que es adecuado para obtener agua con bajo contenido de arsénico, en comparación con el LMP, y que fue adecuado para el consumo humano. En consecuencia, las aguas de consumo no representaron una preocupación para la salud en niveles que pudiesen representar un peligro por la presencia de arsénico en el agua de consumo por ello se reflejó que el proceso, que se empleó, es adecuado.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La calidad de agua después de ser sometida al proceso de osmosis inversa para el consumo en la Institución Educativa My. EP Marko Emilio Jara Schenone - I.E. N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - I.E.I. N° 65102, es adecuada, logrando determinar que los niveles de los parámetros microbiológicos, fisicoquímicos y de metales del agua obtenida posterior al proceso se encontraron adecuados al haber sido comparados con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, por lo que se concluyó en base a la evaluación de los parámetros considerados en la presente investigación que la calidad del agua fue buena y por ende adecuada para obtener agua para su ingesta ya sea complementando a un tratamiento existente o no necesariamente (Ej.: agua de pozo)

1. De los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas, antes del proceso de osmosis inversa, indicaron que las aguas serian aptas para su ingesta directa siempre y cuando sean complementadas con un tratamiento adecuado pues no cumplen en su totalidad con los parámetros de control obligatorio establecidos en el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano, DS N° 031-2010-SA, evidenciando que el agua en este punto no es segura en el tiempo para ser consumida de manera directa, y representaría un riesgo para la salud.
2. De los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas, después de haber sido sometida al proceso de osmosis inversa, indicaron que son adecuadas para su ingesta al cumplir con los parámetros establecido en el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, D.S. N° 031-2010-SA, considerando prescindible realizar el mantenimiento del sistema de forma periódica, mantener

un ambiente adecuado para el envasado del agua y su transporte a las aulas porque esto puede afectar la calidad del agua en el tiempo.

3. De acuerdo a la información recopilada de los parámetros de metales de las aguas considerados en la investigación, después de haber sido sometidas al proceso de osmosis inversa, demostraron que sus niveles presentes en el agua son adecuados para su ingesta directa conforme a lo establecido en el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, Decreto Supremo N° 031-2010-SA, considerando prescindible realizar un adecuado mantenimiento al sistema y almacenamiento de forma periódica para asegurar su adecuado funcionamiento y que esto no afecte la calidad del agua en el tiempo.

5.2. Recomendaciones

1. Se recomienda a las instituciones educativas beneficiadas, con el sistema de ósmosis inversa, considerar una constante capacitación a los encargados del área para el adecuado manejo y mantenimiento de los sistemas por considerarse fundamental para que se pueda obtener un agua inocua para el consumo en el tiempo, y poder reducir el peligro de sufrir efectos negativos sobre la salud por la exposición al agua ya sea por los diversos factores que no solo pueden afectar la aceptabilidad del consumidor sino su salud.
2. También se les recomienda a las instituciones educativas beneficiadas, realizar el mantenimiento periódico al sistema por ser factor importante para una adecuada la eficiencia de remoción, como se observa en los resultados a pesar de que en distintas instituciones educativas se cuenta con el mismo sistema de ósmosis inversa la eficiencia de remoción varia eso pudo haberse debido al mantenimiento que se les dan a los sistemas.
3. Proporciona orientación continua para la identificación de posibles indicadores que pudiesen poner en riesgo la calidad del sistema y del agua, ya sea por factores externos o por propios del sistema.
4. Se recomienda la implementación de este tipo de sistemas (ósmosis inversa) que contribuyen a la mejora de la calidad del agua para consumo directo brindándole una seguridad al consumidor.
5. Se recomienda, de considerarse la implementación de un filtro UV después del sistema de ósmosis inversa para contar con una remoción eficaz de virus, y en los casos de contar con un sistema de agua potable por bombeo (pozos) implementar un filtro de arena antes del sistema con el fin de disminuir la carga contaminante del agua a tratar.

Considerando los puntos antes tratados, se recomienda, la elaboración de un plan HACCP con el fin de complementar la seguridad del agua para consumo humano y garantizar la prevención, reducción o eliminación de la contaminación a través del proceso de tratamiento para cumplir con el objetivo de proporcionar agua de calidad óptima basados en la salud y la prevención de la contaminación mediante la manipulación, el almacenamiento y la distribución del agua para consumo humano; mediante un mejor conocimiento sobre los riesgos para la salud de las enfermedades relacionadas con el agua se pueden superar muchas debilidades y proporcionar herramientas adicionales para reducir los riesgos de enfermedades.

Además, se recomienda posteriores investigaciones sobre posibles fuentes de contaminación en el agua potable ante la presencia de plomo, cobre, zinc, arsénico, y en especial del antimonio cuya presencia no es habitual en el agua, y porque representan un peligro para la sociedad; y sobre el estado de las tuberías con fines de mantenimiento y/o cambios.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Agua Thaní. (s.f.). Reverse Osmosis System. *Installation and maintenance handbook*. Retrieved 2019
- Apolinario, B., & Araujo, M. (2017). Evaluación de la calidad del agua subterránea en 12 asentamientos humanos en los distritos de Calleria y Yarinacocha, Provincia Coronel Portillo, Departamento Ucayali, 2017.
- ARAU/GOREU. (2017). Gestión de la calidad del agua. *Plan Regional de Acción Ambiental Alineado a la INDC*, 88, 89. Perú. Retrieved 2019
- Arce Castro, R. (2013, julio). *OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA LA ELIMINACIÓN DE ARSÉNICO DENTRO DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO*. Proyecto Fin de Carrera, UNIVERSIDAD DE CANTABRIA, Santander.
doi:<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/5297/369237.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ARREGUÍN, F. (2000, enero-abril). Desalinización del agua. *Ingeniería Hidráulica*, XV(1), 27-49. México.
- AWWA-WPFCF, A. (2005). *Standard methods for analysis of water and wastewaters*, 21, 1150. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Barrenechea Martel, A. (2004). ASPECTOS FÍSICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA. In L. De Vargas, *Tratamiento de agua para consumo humano. Manual I: Teoría*. Lima, Perú. Retrieved 2019, from http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomol/ma1_tomo1_cap1.pdf
- Bowen, H. J. (1979). *Environmental chemistry of the elements*. London: Academic Press.
- Calixto, R. (2008). "Representaciones sociales del medio ambiente". Retrieved 2019
- Calsin, K. (2016). Calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca, Puno.
- Campos Solorzano, F., Panduro Carbajal, C., Nieto Ampuero, E., Guadalupe Bailon, N. C., & Reategui Ramos, P. K. (2014). *SITUACION DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO EN HOGARES DEL DISTRITO DE CALLERIA Y MANANTAY, PUCALLPA 2014*. Pucallpa, Coronel Portillo, Perú: Universidad Nacional de Ucayali.
- Cánepa, L. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS). Retrieved 2019
- Cerros, G. (2007). *Un enfoque de gestión ambiental del recurso hídrico desde la perspectiva de la vulnerabilidad de acuíferos*. Antiguo Cuscatlán, El Salvador.

- Chappell, W. R. (1979). Human health effects of molybdenum in drinking water. Cincinnati, Ohio: United States Environmental Protection Agency.
- Chavez de Allain, A. M. (2012). *Capítulo III: Tecnologías de control de la contaminación*. Universidad de Piura.
- Cohen, J. M. (1960). Taste threshold concentrations of metals in drinking water. (660), 52. Journal of the American Water Works Association.
- Consejo de Derechos Humanos. (2011). Resolución 16/2.
- Crecelius, E. A., Bothner, M. H., & Carpenter, R. (1975). Geochemistries of arsenic, antimony, mercury, and related elements in sediments of Puget Sound. *Environmental Science and Technology*, 9, 325-333.
- Cubas Llatas, R. S., & Diaz Perez, Z. L. (2014). *Proyecto de pre-factibilidad para instalar una planta de producción de agua potable por ósmosis inversa a partir de agua de mar en el distrito de pimentel*. Tesis, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque.
doi:<http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/20.500.12893/128/2/BC-TEs-3855.pdf.txt>
- Custodio, E., & Llamas, M. R. (1983). Hidrología Subterránea. 2, 1-2350. Barcelona, España: Ediciones Omega. doi:<https://es.scribd.com/document/372359532/Custodio-Llamas-Tomo-1>
- DIGESA / MINSA. (2015). Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte almacenamiento y recepción de agua para consumo humano. Perú.
doi:http://www.digesa.minsa.gob.pe/NormasLegales/Normas/RD_160_2015_DIGESA.pdf
- Dirección General De Epidemiología. Ministerio de Salud del Perú. (2013, Setiembre). Análisis de Situación de Salud del Perú. Perú.
- Duguet JP, Rizet M (1996) Traitement du nickel dans la préparation des eaux de consommation. *Techniques, Sciences, Méthodes*, 91(10):712–715.
- DuPont (2001) Solubility of antimony trioxide in synthetic gastric juice. Wilton, Redcar, DuPont Polyester Technologies (Report NAM 64).
- Elinder, C. G. (1986). Handbook on the toxicology of metals. 2nd., 664-679. Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- EMAPACOP SA. (2013). *Plan Estratégico 2013*. Pucallpa.
- EMAPACOP SA. (2017). *Plan Estratégico 2017-2021*. Pucallpa.
- Enders R, Jekel R (1994) Entfernung von Antimon(V) und Antimon(III) aus wässrigen Lösungen. Teil I: Mitfällung und Adsorption bei der Flockung mit Eisen(III)-Salzen. [Elimination of Sb(V) and Sb(III) from aqueous solutions. Part I: Coprecipitation and adsorption during flocculation with Fe(III)salts.] *Wasser Abwasser*, 135:632–641.

- Espitia Iriarte, N. M. (2019). *Análisis de calidad de agua potable con relación a sus parámetros fisicoquímicos, biológicos, y crecimiento de Lemna minor en la estancia de Lurín, Lima 2015-2016*. Tesis Para optar el Grado Académico de Magíster, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. doi:<https://core.ac.uk/download/pdf/323351713.pdf>
- EU (2004) Nickel sulphate risk assessment. Draft, May 2004. Prepared by the Danish Environmental Protection Agency for the European Union
- Excel Water Technologies INC. ((sin fecha)). Tratamiento de agua de tomar. Retrieved 2019, from http://www.excelwater.com/esp/b2c/about_8.php
- Felicetti SA, Thomas RG, McClellan RC (1974) Metabolism of two valence states of inhaled antimony in hamsters. *Journal of the American Industrial Hygiene Association*, 35:292–300.
- Flores Silva, J. (2017). Factores de riesgo que influyen en las enfermedades diarreicas agudas en niños menores de 3 años del Centro de Salud 7 de Junio, Pucallpa 2016. *Tesis para optar el Título de Licenciado en Enfermería*. Pucallpa, Coronel Portillo, Ucayali, Perú.
- F-ODM. (2012). *ESTUDIO DE LA CALIDAD DE FUENTES UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO Y PLAN DE MITIGACIÓN POR CONTAMINACIÓN POR USO DOMÉSTICO Y AGROQUÍMICOS EN APURIMAC Y CUSCO*. LIMA. doi:<https://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>
- Galindo Huamaní, J. C. (2018). *VIGILANCIAD E LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE CUATRO COMUNIDADES NATIVAS DEL DISTRITO DE CONSTITUCIÓN –OXAPAMPA –PASCO*. Informe de Práctica pre profesional, UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, Tingo María. doi:<https://docplayer.es/89613823-Universidad-nacional-agraria-de-la-selva.html>
- García Noblejas, R. F. (2019). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en el anexo de Cantarizu, Provincia de Oxapampa y Región Pasco – 2019*. Tesis, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion, Cerro de Pasco, Perú. doi:http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1664/1/T026_45343297_T.pdf
- Gavancho Ch., D. (2009, marzo 01 al 07). El agua un factor determinante de la salud. *Boletín Epidemiológico Nro. 09*. Lima, Perú. Retrieved 2019
- Gebel T (1999b) Arsenic and drinking water contamination [letter]. *Science*, 283:1458–1459.
- Giraldo, G. (1995). *Manual de análisis de aguas*. 5.
- Giraldo, G. (1995). *Manual de análisis de aguas*. Colombia: Unviersidad de Colombia.
- Hunter M, Stephenson T, Lester JN (1987). The fate of heavy metals in pilot-scale upflow sludgeblanket clarifiers. *Journal of the Institution of Water and Environmental Management*, 1(1):77–78.
- Hurtado Muguerza, J. A., & Baron Guevara, K. N. (2017, Diciembre). Propuesta de tratamiento físico-mecánico de las aguas subterráneas con problemas de dureza del Parque Residencial Puertas del Sol Distrito de la Victoria – Lambayeque. Chiclayo, Perú.

- Instituto de Recursos de Agua de Texas. (1914, Mayo 8). Retrieved from <https://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/l5451sironandman.pdf>
- IARC (1990) Nickel and nickel compounds. In: Chromium, nickel and welding. Lyon, International Agency for Research on Cancer, pp. 257–445 (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 49).
- ICNCM (1990) Report of the International Committee on Nickel Carcinogenesis in Man. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 16:1–82.
- Iffland R, Bösch G (1987) Therapie und klinisch-toxikologische Verlaufskontrolle einer Brechweinstein-Vergiftung durch ein Ameisenvernichtungsmittel bei einem Kind. [Therapy and clinical-toxicological development and control of a child's poisoning with emetic tartar from an anticide.] *Monatsschrift für Kinderheilkunde*, 135:227–230.
- IPCS (1991) Nickel. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 108).
- IPCS (2001) Arsenic and arsenic compounds. Geneva, World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 224).
- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. (1982). Evaluation of certain food additives and contaminants. (17). Cambridge: Cambridge University Press.
- Jones, J. (1998). Calidad Microbiológica del agua: características del problema. In *AQUA* (Vol. 46, pp. 48-53).
- Lauwers LF et al. (1990) Oral antimony intoxications in man. *Critical Care Medicine*, 18:324–326.
- Lenntech. (2012). *Water Treatment and Purification - Lenntech*. Retrieved from <http://www.lenntech.es/pasos-en-purificacion-delagua>.
- Lenntech. (s.f.). *www.lenntech.es*. Retrieved 2019, from <https://www.lenntech.es/aplicaciones/ultrapura/conductividad/conductividad-agua.htm>
- Levin, R., Schock, M. R., & Marcus, A. H. (1989). Exposure to lead in U.S. drinking water. *Proceedings of the 23rd Annual Conference on Trace Substances in Environmental Health*. Cincinnati, OH, US: Environmental Protection Agency.
- LNA. (2014). *Programa de Vigilancia y Control de Calidad del Agua*. Laboratorio Nacional de Aguas, La Unión, Costa Rica.
- Lyon. (1987). Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC monographs. 1-42, 230-232. International Agency for Research on Cancer.
- Lyon. (2006). *Compuestos de plomo orgánicos e inorgánicos* (Vol. 87). Agencia Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer.
- Manuel Ortega, J. (2001). LA ÓSMOSIS INVERSA COMO PROCESO DE POTABILIZACIÓN EN ESPAÑA. *XXII CONGRESO DE CENTROAMERICA Y PANAMA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL "SUPERACION SANITARIA Y AMBIENTAL: EL RETO"*. Tegucigalpa, Honduras.

- Menéndez, A. (2010). *Transporte de contaminantes en el medio acuático*. doi:<http://laboratorios.fi.uba.ar/lmm/utn/ApunteTyDCMA.pdf>.
- MILLIPORE. (2005). *Análisis microbiológico*. Madrid, España.
- MINAM/INEI-ENAHU. (2003-2011). Indicadores Ambientales - Ucayali. *Boletín: Serie de Indicadores Nº 15: Indicadores Ambientales de Ucayali*. Perú. Retrieved from <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/serie-indicadores-no-15-indicadores-ambientales-ucayali>
- MINSA. (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. *DS N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Perú. Retrieved from http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf
- Moore, J., & Rammaoorthy, S. (2007). Heavy Metals in Natural Waters. In R. S. De Santo (Ed.), *Applied Monitoring and Impact Assessment*. (p. 269).
- Mora Alvarado, D. A., Portugués barquero, C. F., & Hernández Mirault, M. (2015). Diferencias de dureza del agua y las tasas de longevidad en la Península de Nicoya y los otros distritos de Guanacaste Cartago. *Revista Tecnología en Marcha, Vol. 28(N° 3)*, 3-14.
- Mora Alvarado, D., Felipe Portugués, C., & Alfaro Herrera, N. (2002). *Relación entre la Dureza del Agua y las Cardiopatías Isquémicas en Costa Rica*. Laboratorio Nacional de Aguas, La Unión, Costa Rica.
- National Research Council. (1979). *Iron*. Baltimore: University Park Press.
- Nielsen GD et al. (1999) Absorption and retention of nickel from drinking water in relation to food intake and nickel sensitivity. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 154(1):67–75.
- Nriagu, J. O. (1980). *Zinc in the environment. Ecological cycling*. (J. Wiley, Ed.) New York.
- OMS. (2006). Guía para la calidad del agua potable. *Guía para la calidad del agua potable: incluye el primer apéndice, 1, Tercera*. Suiza: Editorial OMS. Retrieved from https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- OMS. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano, cuarta edición que incorpora la primera adenda. *Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable, cuarta*. (OMS, Ed.) Ginebra, Suiza. doi:<https://pdffox.com/guias-para-la-calidad-del-agua-de-consumo-humano-pdf-free.html>
- OMS. (2011). Hojas de información sobre sustancias químicas. In *Guías para la calidad del agua de consumo humano, cuarta edición que incorpora la primera adenda (capítulos)* (4º ed., pp. 243 - 363). Ginebra, Suiza.
- OMS. (2013). *Guías para la Calidad del Agua Potable* (tercera ed: ed.). (O. M. Salud, Ed.) Ginebra.
- OMS. (n.d.). *Organización Mundial de la Salud*. Retrieved 2019, from https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/dwqtraining/es/

- ONU-DAES. (2015, enero). Acción sobre... la calidad del agua y la protección de los ecosistemas. *Conferencia Anual 2015 de ONU-Agua en Zaragoza. Agua y Desarrollo Sostenible: De la visión a la acción. 15-17 de enero de 2015*. Zaragoza, España.
doi:https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/waterandsustainabledevelopment2015/water_quality.shtml
- Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). Cartilla Técnica: Aguas Suterráneas - Acuíferos. *Sociedad Geográfica de Lima*. (S. G. Lima, Ed.) Lima, Perú. doi:https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/aguas_subterranas.pdf
- Ordoñez, J. (2000). *Microorganismos de los alimentos* (segunda edición ed., Vol. 1). Zaragoza, España: Editorial Acribia S.A.
- Ordóñez, L. (2017). Situación epidemiológica de las enfermedades diarreicas agudas (EDA) en el Perú. *Boletín Epidemiológico del Perú.*, 26, 14, 425-428. Perú. Retrieved 2019
- Organización Mundial de la Salud. (2004). Guías para la Calidad del Agua para Consumo Humano. *Taller de calidad de agua, aspectos de salud, planificación del muestreo, control y vigilancia de la calidad del agua en Trinidad*.
- Organización Mundial de la Salud. (n.d.). Retrieved 2019, from <https://www.who.int/topics/water/es/>
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Organización Mundial de la Salud*. Retrieved 2019, from https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2008). *Guías para la calidad del agua potable*. ©Organización Mundial de la Salud.
- Organización Panamericana de la Salud. (s.f.). *Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental*. Retrieved from http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/docs_microbiologicos/Indicadores%20PDF/Ecoli_bacterias_termo.pdf
- Organización Panamericana de la Salud. (s.f.). *Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental*. Retrieved from http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/docs_microbiologicos/Indicadores%20PDF/bacterias%20coliformes.pdf
- Pancorbo Floristán, F. (2011). *Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación*. Barcelona: Marcombo. Retrieved from <https://books.google.com.pe/books?id=ULYPNbQISxoC&pg=PA264&dq=filtros+de+carbon+activo+para+agua+para+consumo&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwitkpKYnvrGhAhUNWlkKHeCbASgQ6AEIKDAA#v=onepage&q=filtros%20de%20carbon%20activo%20para%20agua%20para%20consumo&f=false>
- Panduro Del Águila, J. K., & Suarez, V. M. (2017). FACTORES DE RIESGO QUE INFLUYEN EN LAS ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS EN NIÑOS DE 6 MESES A 1 AÑO QUE ACUDEN AL CENTRO DE SALUD 9 DE OCTUBRE, PUCALLPA 2017. Pucallpa, Perú.

- PNUD. (2006). Informe sobre Desarrollo Humano. 440. (C. D. Incorporated, Ed., & e. L. r.l., Trans.) Nueva York,, EE.UU.: Grupo Mundi-Prensa.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2006). *Informe sobre Desarrollo Humano 2006. Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua*. Retrieved 2019
- Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio (UNW-DPAC). (2010). El derecho humano al agua y al saneamiento. *Nota para los medios*. Retrieved 2019
- Quinn, M. J., & Sherlock, J. C. (1990). The correspondence between U.K. 'action levels' for lead in blood and in water. *Food additives and contaminants*, 387-424.
- RIVM (1994) Attention substances in Dutch environmental policy. Bilthoven, Rijkinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene (National Institute of Public Health and Environmental Protection) (Report No. 601014).
- Rodriguez, R., & Rodriguez, S. (2010). *La Dureza del Agua*. México: Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN).
- Rossi Salinas, G. M. (2017). Diseño de un purificador de agua para uso en la pequeña industria alimentaria de zonas rurales. Arequipa, Perú.
- SAG. (2016). *INFORME DE MONITOREO DE AGUA EN PUNTO DE CAPTACIÓN*. Servicios Analíticos Generales S.A.C., Chicote, Caravelí, Arequipa. doi:<https://docplayer.es/91673285-Informe-de-monitoreo-de-agua-en-punto-de-captacion.html>
- Salinas, G. M. (2017). *Diseño de un purificador de agua para uso en la pequeña industria alimentaria de zonas rurales*. Tesis, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa. doi:<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5965>
- Santucci B et al. (1988) Nickel sensitivity: effects of prolonged oral intake of the element. *Contact Dermatitis*, 19:202–205.
- Seco A et al. (1997) Adsorption of heavy metals from aqueous solutions onto activated carbon in single copper and nickel systems and in binary copper–nickel, copper–cadmium and copper–zinc systems. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 68(1):23–30.
- Semino-Zelada, F. (2015, Enero). PRODUCCIÓN DE AGUA DE MESA POR ÓSMOSIS INVERSA PARA AUTOABASTECIMIENTO DE UDEP. 208. Piura, Perú: PIRHUA. doi:https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2238/ING_550.pdf;sequence=1
- Stemmer KL (1976) Pharmacology and toxicology of heavy metals: antimony. *Pharmacology and Therapeutics Part A*, 1:157–160.
- Stetter D, Dördlemann O, Overath H (2002) Pilot scale studies on the removal of trace metal contaminations in drinking water treatment using chelating ion-exchange resins. *Water Supply*, 2(1):25–35.

- Solis-Castro, Y., Zúñiga-Zúñiga, L. A., & Mora-Alvarado, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, Vol. 31(N° 1), 36-38.
doi:https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822018000100035
- Svagej Espejo, J. A., Rivera Chasquibol, N., & Ochoa Shupingahua, W. J. (2013). Empoderamiento en el cuidado de la salud y su relacion con el saneamiento básico, alimentación y nutrición en familias de los AA.HH. Jorge Velásquez Portocarrero, José de San Martín y Las Flores - Pucallpa, 2013. Pucallpa, Coronel Portillo, Ucayali, Perú.
- Sunderman FW Jr et al. (1988) Acute nickel toxicity in electroplating workers who accidentally ingested a solution of nickel sulfate and nickel chloride. *American Journal of Industrial Medicine*, 14:257–266.
- Sunderman FW Jr et al. (1989) Nickel absorption and kinetics in human volunteers. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 191:5–11.
- TERA (1999) Toxicological review of soluble nickel salts. Research Triangle Park, NC, Toxicology Excellence for Risk Assessment.
- Textos Científicos. (2007). Ósmosis Inversa. Retrieved diciembre 03, 2019, from <https://www.textoscientificos.com/quimica/osmosis/inversa>
- Welté B (2002) Le nickel: 4e Partie. Traitement. *Techniques, Sciences, Méthodes*, 97(5):61–66.
- WHO. (1988). Chromium. *Environmental Health Criteria(61)*. Geneva.
- WHO. (1996). Iron in Drinking-water. *Iron in Drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Ginebra, Suiza. Retrieved from https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/iron.pdf
- WHO. (2003). Antimony in Drinking-water. *04(74), 03*. (H. H. Dieter, Ed.) Germany: Federal Environment Agency.
- WHO. (2003). Chlorine in Drinking-water. Geneva, Switzerland.
- WHO. (2003). Chromium in Drinking-water. Geneva.
doi:https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chromium.pdf
- WHO. (2003). Emerging Issues in Water and Infectious Disease. France.
doi:https://www.who.int/water_sanitation_health/emerging/emerging.pdf
- WHO. (2003). Sodium in Drinking-water. *Sodium in Drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, 4(15), 3*. Geneva, Switzerland: World Health Organization. Retrieved from https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/sodium.pdf
- WHO. (2003). Zinc in Drinking-water. *Zinc in Drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, 04(17), 03*. Geneva,

- Switzerland. Retrieved from
https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/zinc.pdf
- WHO. (2005). Nickel in Drinking-water. *08(55), 05*. (M. Sheffer of Ottawa, Ed.) Uppsala, Sweden: World Health Organization.
doi:https://www.who.int/water_sanitation_health/gdwqrevision/nickel2ndadd.pdf
- WHO. (2010). Aluminium in drinking-water. *Aluminium in drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, 1(13), 10*. Retrieved from
https://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality/guidelines/chemicals/aluminium.pdf
- WHO. (2011). *Arsenic in Drinking-water*. Geneva, Switzerland.
doi:https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/arsenic.pdf
- WHO. (2011). *GUÍAS PARA LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO*. World Health Organization.
- WHO. (2011). Hardness in drinking water. *Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking Water Quality*. (W. H. Organization, Ed.) Geneva, Suiza.
- WHO. (2011). Lead in Drinking-water. *Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, 4(9), 3*. (WHO, Ed.) Geneva, Switzerland.
- WHO. (2011). Molybdenum in Drinking-water. Geneva, Switzerland.
doi:https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/75372/WHO_SDE_WSH_03.04_11_eng.pdf
- Wirth C (1994) Wirth/Gloxhuber Toxikologie. [Wirth/Gloxhuber Toxicology.] Stuttgart, Georg Thieme.
- Woolhouse, M. (2002). Population biology of emerging and re-emerging pathogens. *Trends in Microbiology, 10(10), S3 - S7*.
- World Health Organization. (1998). Chromium. In *Environmental Health Criteria* (Vol. 61). Geneva.
- Zemansky GM (1974) Removal of trace metals during conventional water treatment. *Journal of the American Water Works Association, 66(11):606–609*.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores
<p>Problema general:</p> <p>¿Cuál es la calidad de agua purificada mediante osmosis inversa para el consumo en la Institución Educativa My. EP Marko Emilio Jara Schenone - IE N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - IEI N° 65102, Manantay, Provincia Coronel Portillo, departamento Ucayali?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>¿Cuáles son las características fisicoquímica y microbiológica del agua antes de pasar por el proceso de osmosis inversa, para su consumo en la Institución Educativa My. EP Marko Emilio Jara Schenone - IE N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - IEI N° 65102?</p> <p>¿Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas después de pasar por el proceso de osmosis inversa, para su consumo en la Institución Educativa My. EP Marko Emilio Jara Schenone - IE N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - IEI N° 65102, exceden los LMP establecidos en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano, D.S. N° 031 – 2010 – SA?</p> <p>¿Los parámetros de metales de las aguas después de pasar por el proceso de osmosis inversa, para su consumo en la Institución Educativa My. EP Marko Emilio Jara Schenone - IE N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - IEI N° 65102, exceden los LMP establecidos en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano, D.S. N° 031 – 2010 – SA?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Evaluar de la calidad del agua purificada mediante osmosis inversa para el consumo en la Institución Educativa My. EP Marko Emilio Jara Schenone - IE N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - IEI N° 65102, Manantay, Provincia Coronel Portillo, departamento Ucayali.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Determinar los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, para el consumo en la Institución Educativa My. EP Marko Emilio Jara Schenone - IE N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - IEI N° 65102, antes de pasar por el proceso de osmosis inversa.</p> <p>Determinar los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para el consumo, de los alumnos de la Institución Educativa My. EP Marko Emilio Jara Schenone - IE N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - IEI N° 65102, obtenida posterior al proceso de osmosis inversa de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, D.S. N° 031 – 2010 SA.</p> <p>Determinar los valores de los parámetros de metales del agua, después de pasar por el proceso de osmosis inversa, para su consumo en la Institución Educativa My. EP Marko Emilio Jara Schenone - IE N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - IEI N° 65102, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, D.S. N° 031 – 2010 SA.</p>	<p>H.0: El sistema empleado en la institución educativa My. EP Marko Emilio Jara Schenone - IE N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - IEI N° 65102, no es el adecuado para tratar el agua destinada a su ingesta en las instituciones beneficiadas.</p> <p>H.1: El sistema empleado en la institución educativa My. EP Marko Emilio Jara Schenone - IE N° 64912 e Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - IEI N° 65102, es el adecuado para tratar el agua destinada a su ingesta en las instituciones beneficiadas.</p>	<p>Variable independiente:</p> <p>Sistema de osmosis inversa</p> <p>Variable dependiente:</p> <p>Proceso de purificación del agua destinada a su ingesta en las instituciones beneficiadas</p>	<p>- Eficiencia de remoción</p> <p>- B. Coliformes Totales</p> <p>- B. C. Termotolerantes o Fecales.</p> <p>- B. Heterotróficas</p> <p>- Huevos y larvas de Helmintos, quistes y o quistes de protozoarios patógenos.</p> <p>- Parasito</p> <p>- OVL</p> <p>- Turbiedad</p> <p>- pH</p> <p>- Conductividad</p> <p>- Sólidos Disueltos Totales</p> <p>- Cloro</p> <p>- Temperatura</p> <p>- Aluminio</p> <p>- Boro</p> <p>- Bario</p> <p>- Cadmio</p> <p>- Cromo total</p> <p>- Cobre</p> <p>- Hierro</p> <p>- Manganeso</p> <p>- Molibdeno</p> <p>- Sodio</p> <p>- Niquel</p> <p>- Plomo</p> <p>- Antimonio</p> <p>- Zinc</p> <p>- Arsénico</p>

ANEXO 2: RESULTADOS DE LOS ANALISIS.

i. Resultados del informe del ensayo del laboratorio referencial de la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (DSAIA).



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO No. LE - 080



INFORME DE ENSAYO N.º 0273-2019-LM

Pág. 1 de 1

Expediente N.º 27457-2019-DRS

Solicitante: AGU-DCOVI-DIGESA / DIRESA UCAYALI
 Domicilio: Las Amapolas 350 Lince, Lima
 Muestra declarada: Agua . Muestra proporcionada por el solicitante
 Cantidad de muestras: 2 frascos proporcionados por la DIRESA
 Fecha de ingreso: 2019-05-21
 Lugar de ensayo: Laboratorio sede La Molina

Identificación de la muestra

Código laboratorio	Código campo	Matriz / Punto de muestreo / Localidad / Distrito / Provincia / Departamento	Fecha de muestreo
01705	M-01	Agua para uso y consumo humano / I.E. N° 64912 MY E.P. Marko Jara Schenome / - / Manantay / Coronel Portillo / Ucayali	2019-05-16
01706	M-02	Agua para uso y consumo humano / I.E. Integrada N° 65102 Ivonys Mazzarolo / - / Manantay / Coronel Portillo / Ucayali	2019-05-16

Nota: Los datos de las muestras son proporcionados por el solicitante.

Resultados

Código laboratorio	Aluminio (mg/L)	Boro (mg/L)	Bario (mg/L)	Berilio (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Cobalto (mg/L)	Cromo (mg/L)	Cobre (mg/L)	Hierro (mg/L)	Litio (mg/L)	Magnesio (mg/L)
01705	0,04	0,02	0,007	<0,0002	<0,0005	<0,003	<0,001	0,008	0,039	<0,01	0,240
01706	0,07	0,03	0,096	<0,0002	<0,0005	<0,003	<0,001	0,007	0,068	<0,01	1,41
LC	0,03	0,01	0,0005	0,0002	0,0005	0,003	0,001	0,002	0,005	0,01	0,008
Método	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7
Fecha de ensayo	2019-05-28	2019-05-28	2019-05-28	2019-05-28	2019-05-28	2019-05-28	2019-05-28	2019-05-28	2019-05-28	2019-05-28	2019-05-28

Código laboratorio	Manganeso (mg/L)	Molibdeno (mg/L)	Sodio (mg/L)	Níquel (mg/L)	Plomo (mg/L)	Antimonio (mg/L)	Vanadio (mg/L)	Zinc (mg/L)	Arsénico (mg/L)
01705	0,002	<0,002	2,87	<0,005	<0,007	<0,02	<0,002	0,013	<0,01
01706	0,001	0,003	80,7	<0,005	<0,007	<0,02	<0,002	0,024	<0,01
LC	0,0005	0,002	0,07	0,005	0,007	0,02	0,002	0,008	0,01
Método	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7	EPA 200.7
Fecha de ensayo	2019-05-28	2019-05-28	2019-05-28	2019-05-28	2019-05-28	2019-05-28	2019-05-28	2019-05-28	2019-05-28

LC: Límite de cuantificación

Método:

EPA Method 200.7. Rev 4.4 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry

MINISTERIO DE SALUD
 Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria

 BCGA. JULIA IVONNE LOAYZA RAMOS
 CBP 28417
 JEFA DE LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL
 DIGESA



Lima, 2019-05-29
 JLR/CLA/mg

F01-AC-PS-13 Rev 06

Los resultados de este informe corresponden a las muestras sometidas a ensayo. La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito de este laboratorio. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio sede La Molina
 Calle Los Pinos N° 259,
 Urb. Camacho, La Molina-Lima 12
 T (511) 4341912

www.digesa.minsa.gob.pe
www.digesa.sld.pe

Laboratorio sede principal
 Calle Las Amapolas N° 350
 Urb. San Eugenio, Lince - Lima 14, Perú
 Central telefónica (511) 6314430

Figura 34A. Resultados de los muestreos a las aguas después de ser sometidas al sistema de osmosis inversa para determinar análisis de metales.

ii. Resultados del informe de ensayo del laboratorio referencial de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental – Ucayali (DIRESA-U).

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ 129-19

Solicitante: UNIDAD DE SANEAMIENTO BASICO-DESA

Localidad:	AAHH IVAN SICK	Distrito:	MANANTAY
Provincia:	C.PORTILLO	Departamento:	UCAYALI
Muestra:	GRIFO DE LOS SERVICIOS	N° de muestras:	01
Propietario:	I.E.IVONIS MAZZAROLO	Fecha y hora de toma muestra	16/05/19 11:00am
		Recepción	16/05/19- 2:00pm
Dirección:	JR.LOS CEDROS MZ.L LT.9	Análisis	16/05/19- 2:00 am
Muestra tomada por :	LADY KELITA RAMOS PERZ	Emisión de Informe:	23/05/19- 11:41 am

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-129-19	LMP (*)
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL a 35°C	9.4x10	0
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	UFC/100 mL a 44.5°C	3.2x10	0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Anexo I.

NOTA: En los análisis microbiológicos, un resultado "x1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. N° 031-2010-SA.

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-129-19	LMP (*)
CONDUCTIVIDAD	µ S / cm	418	1500
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg / L	209	1000
TURBIEDAD	UNT	0.33	5
Ph	Valor de pH	6.95	6.5 - 8.5
TEMPERATURA	°C	28.5	ND
CLORO RESIDUAL LIBRE	mg / L	0.0	0.0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Anexo II y III.

Determinación de:	Metodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de fitro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222B. 21ª ed. 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de fitro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222D. 21ª ed. 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
Ph	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Cloro residual libre	Colorimétrico

Los resultados del presente informe corresponden sólo a las muestras ensayadas.

Este informe sólo puede ser reproducido en su totalidad, salvo autorización escrita del Laboratorio Ambiental DESA Ucayali.



Figura 35A. Resultado del primer muestreo del agua para consumo humano en la IEI Ivonis Mazzarolo.

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ 130-19

Solicitante: UNIDAD DE SANEAMIENTO BASICO-DESA

Localidad:	AAHH IVAN SICK	Distrito:	MANANTAY
Provincia:	C. PORTILLO	Departamento:	UCAYALI
Muestra:	SALIDA DE FILTRO	N° de muestras:	01
Propietario:	I.E. IVONIS MAZZAROLO	Fecha y hora de toma muestra	16/05/19 11:00am
		Recepción	16/05/19- 2:00pm
Dirección:	JR. LOS CEDROS MZ.E LT.9	Análisis	16/05/19- 2:00 am
Muestra tomada por:	LADY KELITA RAMOS	Emisión de Informe:	23/05/19- 11:41 am
PERZ:			

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-130-19	LMP (*)
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL a 35°C	<1	0
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	UFC/100 mL a 44.5°C	<1	0
PARASITOLÓGICO	ORG/LITRO	AUSENTE	0
ORGANISMO DE VIDA LIBRE	ORG/LITRO	AUSENTE	0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Anexo 1.

NOTA: En los análisis microbiológicos, un resultado "1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. N° 031-2010-SA.

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-130-19	LMP (*)
CONDUCTIVIDAD	µ S / cm	1	1500
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg / L	0.5	1000
TURBIDEAD	UNT	0.15	5
P _H	Valor de pH	7.07	6.5 - 8.5
TEMPERATURA	°C	28.7	ND
CLORO RESIDUAL LIBRE	mg / L	0.0	0.0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Anexo 1 y 2.

Determinación de:	Metodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana, APHA, AWW, WEF, 9222B, 21ª ed. 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana, APHA, AWW, WEF, 9222D, 21ª ed. 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
P _H	Potenciométrico
	Calorimétrico
	Colorimétrico

RECIBIDO
Los resultados del presente informe corresponden sólo a las muestras ensayadas.
Es prohibido su uso o ser reproducido en su totalidad, salvo autorización escrita del Laboratorio Ambiental DESA.
Uc: 07 JUN 2019
REG. N°: _____
FIRMA: _____

[Firma manuscrita]

Figura 36A. Resultado del primer muestreo del agua después de ser sometida al sistema de osmosis inversa, en la IEI Ivonis Mazzarolo.

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ 127-19

Solicitante: UNIDAD DE SANEAMIENTO BASICO-DESA

Localidad:	AAHH MARCO JARA	Distrito:	MANANTAY
Provincia:	C.PORTILLO	Departamento:	UCAYALI
Muestra:	AGUA DE CONSUMO HUMANA	N° de muestras:	01
Propietario:	I.E.MARCO JARA	Fecha y hora de toma muestra	16/05/19 11:00am
		Recepción	16/05/19- 2:00pm
Dirección:	AAHH PRIMAVERA S/N	Análisis	16/05/19- 2:00 am
Muestra tomada por:	LADY KELITA RAMOS PERZ	Emisión de Informe:	23/05/19- 11:41 am

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ- 127-19	LMP (*)
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL a 35°C	1.06 x 10 ²	0
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	UFC/100 mL a 44.5°C	5.1 x 10	0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Anexo I.

NOTA: En los análisis microbiológicos, un resultado "x1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. N° 031-2010-SA.

RESULTADOS DE ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ- 127-19	LMP (*)
CONDUCTIVIDAD	µ S / cm	193	1500
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg / L	96.5	1000
TURBEDAD	UNT	11.10	5
Ph	Valor de pH	7.41	6.5 - 8.5
TEMPERATURA	°C	28.6	ND
CLORO RESIDUAL LIBRE	mg / L	0.0	0.0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Anexo II y III.

Determinación de:	Metodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana: APHA, AWW, WEF, 9222B, 21 ^o ed 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana: APHA, AWW, WEF, 9222D, 21 ^o ed 2005.
Conductividad	Eléctrica
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
Ph	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Cloro residual libre	Colorimétrico

Los resultados del presente informe corresponden sólo a las muestras ensayadas. Este informe sólo puede ser reproducido en su totalidad, salvo autorización escrita del Laboratorio Ambiental DESA Ucayali.



Figura 37A. Resultado del primer muestreo del agua para consumo humano en la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone.

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ 128-2019

Solicitante: UNIDAD DE SANEAMIENTO BASICO-DESA

Localidad:	AAHH MARCO JARA	Distrito:	MANANTAY
Provincia:	C.PORTILLO	Departamento:	UCAYALI
Muestra:	SALIDA DE FILTRO	N° de muestras:	01
Propietario:	I.E.MARCO JARA	Fecha y hora de toma muestra	16/05/19- 11:00am
		Recepción	16/05/19- 2:00pm
Dirección:	AAHH.PRIMAVERA	Análisis	16/05/19- 2:00 am
Muestra tomada por :	LADY KELITA RAMOS PERZ	Emisión de Informe:	23/05/19- 11:41 am

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-128-2019	LMP (*)
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL a 35°C	<1	0
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	UFC/100 mL a 44.5°C	<1	0
PARASITOS	ORG/LITRO	AUSENTE	0
ORGANISMO DE VIDA LIBRE	ORG/LITRO	6.3 x 10 ⁶	0

(*) Límites Máximos Permisibles. DS. N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Anexo I.

NOTA: En los análisis microbiológicos, un resultado "1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. N° 031-2010-SA.

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-128-2019	LMP (*)
CONDUCTIVIDAD	µ S / cm	043	1500
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg / L	21.5	1000
TURBEDAD	UNT	0.0	5
Pn	Valor de pH	6.90	6.5 – 8.5
TEMPERATURA	°C	28.6	ND
COLORO RESIDUAL LIBRE	mg / L	0.0	0.0

(*) Límites Máximos Permisibles. DS. N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Anexo II y III.

Determinación de:	Metodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA, AWW. WEF. 9222B. 21 ^{ra} ed. 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA, AWW. WEF. 9222D. 21 ^{ra} ed. 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
Pn	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Color residual libre	Colorimétrico

Los resultados del presente informe corresponden sólo a las muestras ensayadas.
Este informe sólo puede ser reproducido en su totalidad, salvo autorización escrita del Laboratorio Ambiental DESA Ucayali.

Figura 38A. Resultado del primer muestreo del agua después de ser sometida al sistema de osmosis inversa, en la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone.

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ 176-2019

Solicitante: UNIDAD DE SANEAMIENTO BASICO-DESA

Localidad:	AAHH IVAN SICK	Distrito:	MANANTAY
Provincia:	CORONEL PORTILLO	Departamento:	UCAYALI
Muestra:	AGUA DE CONSUMO HUMANO	N° de muestras:	01
Propietario:	I.E.I IVONIS MAZAROLLO	Fecha y hora de toma muestra	29/05/19 11:25am
		Recepción	29/05/19- 2:00pm
Dirección:	LOS CEDROS MZ E LT:9	Análisis	29/05/19- 2:00 am
Muestra tomada por:	LADY KELITA RAMOS PEREZ	Emisión de Informe:	05/06/19- 11:41 am

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-176-2019	LMP (*)
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL a 35°C	1.2 X 10	0
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	UFC/100 mL a 44.5°C	<1	0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Anexo I.

NOTA: En los análisis microbiológicos, un resultado "1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. N° 031-2010-SA.

RESULTADOS DE ANÁLISIS FISIQUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-176-2019	LMP (*)
CONDUCTIVIDAD	µ S / cm	398	1500
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg / L	199	1000
TURBEDAD	UNT	0.08	5
Ph	Valor de pH	7.27	6.5 - 8.5
TEMPERATURA	°C	27.5	ND
COLOR RESIDUAL LIBRE	mg / L	0.0	0.0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Anexo II y III.

Determinación de:	Metodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA, AWW, WEF, 9222B, 21 ^{ra} ed 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA, AWW, WEF, 9222D, 21 ^{ra} ed 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
Ph	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Color residual libre	Colorimétrico

Los resultados del presente informe corresponden sólo a las muestras ensayadas. Este informe sólo puede ser reproducido en su totalidad con autorización escrita del Laboratorio Ambiental DESA Ucayali.



Handwritten signature and stamp of the Laboratory of Environmental Health (LABORATORIO AMBIENTAL) of the Regional Directorate of Health of Ucayali.

Figura 39A. Resultado del segundo muestreo del agua para consumo humano en la IEI Ivonis Mazzarolo.

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ 177-2019

Solicitante: UNIDAD DE SANEAMIENTO BASICO-DESA

Localidad:	AAHH IVAN SICK	Distrito:	MANANTAY
Provincia:	CORONEL PORTILLO	Departamento:	UCAYALI
Muestra:	AGUA DE CONSUMO HUMANO	N° de muestras:	01
Propietario:	I.E.I IVONIS MAZAROLLO	Fecha y hora de toma muestra	29/05/19- 11:25am
		Recepción	29/05/19- 2:00pm
Dirección:	LOS CEDROS MZ E LT19	Análisis	29/05/19- 2:00 am
Muestra tomada por:	LADY KELITA RAMOS PEREZ	Emisión de Informe:	05/05/19- 11:41 am

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-177-2019	LMP (*)
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL a 35°C	<1	0
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	UFC/100 mL a 44.5°C	<1	0
PARÁSITOS		AUSENTE	0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano Anexo I.

NOTA: En los análisis microbiológicos, un resultado "<1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. N° 031-2010-SA. 0.04

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-177-2019	LMP (*)
CONDUCTIVIDAD	$\mu S / cm$	1	1500
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg / L	0.5	1000
TURBIEDAD	UNT	0.04	5
Ph	Valor de pH	7.05	6.5 - 8.5
TEMPERATURA	°C	27.4	ND
COLOR RESIDUAL LIBRE	mg / L	0.0	0.0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano Anexo II y III.

Determinación de:	Metodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222B. 21ª ed. 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222D. 21ª ed. 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
Ph	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Cloro residual libre	Colorimétrico

Los resultados del presente Informe corresponden solo a las muestras ensayadas. Este informe sólo puede ser reproducido en su totalidad, salvo autorización escrita del Laboratorio Ambiental DESA Ucayali.



[Handwritten signature]



Figura 40A. Resultado del segundo muestreo del agua después de ser sometida al sistema de osmosis inversa, en la IEI Ivonis Mazzarolo.

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ 174-2019

Solicitante: UNIDAD DE SANEAMIENTO BASICO-DESA

Localidad:	AAHH MARCO JARA	Distrito:	MANANTAY
Provincia:	CORONEL PORTILLO	Departamento:	UCAYALI
Muestra:	AGUA DE CONSUMO HUMANO	N° de muestras:	01
Propietario:	I.E MARCO EMILIO JARA S.	Fecha y hora de toma muestra	29/05/19- 10:56am
		Recepción	29/05/19- 2:00pm
Dirección:	AV PRIMAVERA S/N	Análisis	29/05/19- 2:00 am
Muestra tomada por:	LADY KELITA RAMOS PEREZ	Emisión de Informe:	05/06/19- 11:41 am

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-174-2019	LMP (*)
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL a 35°C	7.5 x10	0
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	UFC/100 mL a 44.5°C	6	0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Anexo I.

NOTA: En los análisis microbiológicos, un resultado "c1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. N° 031-2010-SA.

RESULTADOS DE ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-174-2019	LMP (*)
CONDUCTIVIDAD	µ S / cm	172.6	1500
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg / L	86.3	1000
TURBIDEZ	UNT	5.41	5
pH	Valor de pH	7.59	6.5 - 8.5
TEMPERATURA	°C	27.7	ND
CLORO RESIDUAL LIBRE	mg / L	0.0	0.0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Anexo II.

Descripción de:	Metodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222B. 21ª ed. 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222D. 21ª ed. 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbidez	Nefelométrico
pH	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Cloro residual libre	Colorimétrico

Los resultados del presente informe corresponden sólo a las muestras ensayadas.
Este informe sólo puede ser reproducido en su totalidad con autorización escrita del Laboratorio Ambiental DESA Ucayali.



[Handwritten signature]

Figura 41A. Resultado del segundo muestreo del agua para consumo humano de la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ 175-2019

Solicitante: UNIDAD DE SANEAMIENTO BASICO-DESA

Localidad:	AAHH MARCO JARA	Distrito:	MANANTAY
Provincia:	CORONEL PORTILLO	Departamento:	UCAYALI
Muestra:	AGUA DE CONSUMO HUMANO	N° de muestras:	01
Propietario:	I.E. MARKO HEMILIO JARA	Fecha y hora de toma muestra	29/05/19 11:05am
		Recepción	29/05/19- 2:00pm
Dirección:	AV PRIMAVERA	Análisis	29/05/19- 2:00 am
Muestra tomada por:	LADY KELITA RAMOS PEREZ	Emisión de Informe:	05/06/19- 11:41 am

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-175-2019	LMP (*)
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL a 35°C	<1	0
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	UFC/100 mL a 44.5°C	<1	0
PARÁSITOS		AUSENTE	0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano Anexo I.

NOTA: En los análisis microbiológicos, un resultado "<1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. N° 031-2010-SA.

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-175-2019	LMP (*)
CONDUCTIVIDAD	µ S / cm	29.4	1500
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg / L	14.7	1000
TURBIDEZ	UNT	0.14	5
pH	Valor de pH	6.93	6.5 - 8.5
TEMPERATURA	°C	27.7	ND
CLORO RESIDUAL LIBRE	mg / L	0.0	0.0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano Anexo II y III.

Determinación de:	Metodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA, AWW, WEF, 9222B, 21ª ed. 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA, AWW, WEF, 9222D, 21ª ed. 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbidez	Nefelométrico
pH	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Cloro residual libre	Colorimétrico

Los resultados del presente informe corresponden sólo a las muestras ensayadas. Este informe sólo puede ser reproducido en su totalidad con autorización escrita del Laboratorio Ambiental DESA Ucayali.



[Signature]

Figura 42A. Resultado del segundo muestreo del agua después de ser sometida al sistema de osmosis inversa de la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone.

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ 217-2019

Solicitante: UNIDAD DE SANEAMIENTO BASICO-DESA



Localidad:	AAHH IVAN SICK	Distrito:	MANANTAY
Provincia:	CORONEL PORTILLO	Departamento:	UCAYALI
Muestra:	AGUA DE CONSUMO HUMANO	Nº de muestras:	01
TOMA DE MUESTRA:	GRIFO DE LOS SERVICIOS HIGIENICOS	Fecha y hora de	
Propietario:	I.E.I IVONNIS MAZZAROLO	Fecha y hora de toma muestra	02/07/19 09:45am
		Recepción	02/07/19- 11:20am
Dirección:	LOS CEDROS MZ.E LT:9	Análisis	02/07/19- 11:40 am
Muestra tomada por:	LADY KELITA RAMOS PEREZ	Emisión de Informe:	08/07/19- 11:41 am

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-217-2019	LMP (*)
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL a 35°C	3	0
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	UFC/100 mL a 44.5°C	<1	0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Anexo I.

NOTA: En los análisis microbiológicos, un resultado "<1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. N° 031-2010-SA.

RESULTADOS DE ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-217-2019	LMP (*)
CONDUCTIVIDAD	µ S / cm	60	1500
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg / L	30	1000
TURBIEDAD	UNT	0.5	5
Ph	Valor de pH	7.8	6.5 – 8.5
TEMPERATURA	°C	30	ND
CLORO RESIDUAL LIBRE	mg / L	0.0	0.0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Anexo II y III.

Determinación de:	Metodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222B. 21 ^{ra} ed. 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222D. 21 ^{ra} ed. 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
Ph	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Cloro residual libre	Colorimétrico

Los resultados del presente Informe corresponden sólo a las muestras ensayadas. Este informe sólo puede ser reproducido en su totalidad, salvo autorización escrita del Laboratorio Ambiental DESA Ucayali.

[Firma manuscrita]
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD UCAYALI
Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental
LABORATORIO AMBIENTAL UCAYALI

Figura 43A. Resultado del tercer muestreo del agua para consumo humano en la IEI Ivonis Mazzarolo.

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ 218-2019

Solicitante: UNIDAD DE SANEAMIENTO BASICO-DESA



Localidad:	AAHH IVAN SICK	Distrito:	MANANTAY
Provincia:	CORONEL PORTILLO	Departamento:	UCAYALI
Muestra:	AGUA DE CONSUMO HUMANO	Nº de muestras:	01
TOMA DE MUESTRA:	GRIFO DE SALIDA DEL FILTRO (SISTEMA)	Fecha y hora de	
Propietario:	I.E.I IVONNIS MAZZAROLO	Fecha y hora de toma muestra	02/07/19 09:48am
Dirección:	LOS CEDROS MZ.E LT19	Recepción	02/07/19-11:20pm
Muestra tomada por:	LADY KELITA RAMOS PEREZ	Análisis	02/07/19- 11:40 am
		Emisión de Informe:	08/07/19- 11:41 am

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-218-2019	LMP (*)
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL a 35°C	<1	0
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	UFC/100 mL a 44.5°C	<1	0
PARASITOS		AUSENTE	0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Anexo I.

NOTA: En los análisis microbiológicos, un resultado "<1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. N° 031-2010-SA.

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-218-2019	LMP (*)
CONDUCTIVIDAD	µ S / cm	1	1500
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg / L	0.5	1000
TURBIEDAD	UNT	0.07	5
Ph	Valor de pH	7.02	6.5 – 8.5
TEMPERATURA	°C	30	ND
CLORO RESIDUAL LIBRE	mg / L	0.0	0.0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Anexo II y III.

Determinación de:	Metodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222B. 21ª ed. 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222D. 21ª ed. 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
Ph	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Cloro residual libre	Colorimétrico

Los resultados del presente Informe corresponden sólo a las muestras ensayadas. Este informe no puede ser reproducido en su totalidad, salvo autorización escrita del Laboratorio Ambiental DESA Ucayali.

[Firma]
Dirección Regional de Salud Ambiental
Ucayali

Figura 44A. Resultado del tercer muestreo del agua después de ser sometida al sistema de osmosis inversa, en la IEI Ivonis Mazzarolo.

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ 219-2019

Solicitante: UNIDAD DE SANEAMIENTO BASICO-DESA

Localidad:	AAHH MARCO JARA	Distrito:	MANANTAY
Provincia:	CORONEL PORTILLO	Departamento:	UCAYALI
Muestra:	AGUA DE CONSUMO HUMANO	Nº de muestras:	01
TOMA DE MUESTRA:	GRIFO DE LAVATORIO DEL PATIO	Fecha y hora de	
Propietario:	I.E MARKO JARA	toma muestra	02/07/19 10:40am
Dirección:	AV : VICTOR C MZ.12Y13	Recepción	02/07/19- 11:20am
Muestra tomada por:	LADY KELITA RAMOS PEREZ	Análisis	02/07/19- 11:40 am
		Emisión de Informe:	08/07/19- 11:41 am



RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-219-2019	LMP (*)
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL a 35°C	92	0
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	UFC/100 mL a 44.5°C	32	0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Anexo I.

NOTA: En los análisis microbiológicos, un resultado "<1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. N° 031-2010-SA.

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-219-2019	LMP (*)
CONDUCTIVIDAD	µ S / cm	44	1500
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg / L	22	1000
TURBIEDAD	UNT	4.90	5
Ph	Valor de pH	7.3	6.5 – 8.5
TEMPERATURA	°C	30	ND
CLORO RESIDUAL LIBRE	mg / L	0.0	0.0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Anexo II y III.

Determinación de:	Metodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222B. 21ª ed. 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA. AWW. WEF. 9222D. 21ª ed. 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
Ph	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Cloro residual libre	Colorimétrico

Los resultados del presente Informe corresponden sólo a las muestras ensayadas.
Este informe sólo puede ser reproducido en su totalidad, salvo autorización escrita del Laboratorio Ambiental DESA.

[Firma manuscrita]
DIRECTOR REGIONAL DE SALUD UCAYALI
DIRECCIÓN LOCALIDAD DE SANEAMIENTO BASICO

Figura 45A. Resultado del tercer muestreo del agua para consumo humano de la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS MW/FQ 220-2019

Solicitante: UNIDAD DE SANEAMIENTO BASICO-DESA

Localidad:	AAHH MARKO JARA	Distrito:	MANANTAY
Provincia:	CORONEL PORTILLO	Departamento:	UCAYALI
Muestra:	AGUA DE CONSUMO HUMANO	N° de muestras:	01
TOMA DE MUESTRA:	GRIFO DE LA SALIDA DEL FILTRO (SISTEMA)	Fecha y hora de	
Propietario:	I.E. MY EP MARKO JARA	Fecha y hora de toma muestra	02/07/19 10:40am
Dirección:	AV. VICTOR MZ.13 Y 13	Recepción	02/07/19-11:20pm
Muestra tomada por:	LADY KELITA RAMOS PEREZ	Análisis	02/07/19- 11:40 am
		Emisión de Informe:	08/07/19- 11:41 am



RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-220-2019	LMP (*)
COLIFORMES TOTALES	UFC/100 mL a 35°C	<1	0
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	UFC/100 mL a 44.5°C	<1	0
PARASITOS		AUSENTE	0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Anexo I.

NOTA: En los análisis microbiológicos, un resultado "<1" es equivalente al "0" indicado como LMP en el DS. N° 031-2010-SA.

RESULTADOS DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

Parámetros Analizados	Unidades	Código MW/FQ-220-2019	LMP (*)
CONDUCTIVIDAD	µ S / cm	1	1500
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg / L	0.5	1000
TURBIEDAD	UNT	0.8	5
Ph	Valor de pH	7.13	6.5 - 8.5
TEMPERATURA	°C	30	ND
CLORO RESIDUAL LIBRE	mg / L	0.0	0.0

(*) Límites Máximos Permisibles: DS. N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Anexo II y III.

Determinación de:	Metodología Empleada
Coliformes totales	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA, AWW, WEF. 9222B. 21 ^o ed. 2005.
Coliformes termotolerantes	Método estandarizado de filtro de membrana. APHA, AWW, WEF. 9222D. 21 ^o ed. 2005.
Conductividad	Eléctrico
Sólidos disueltos totales	Eléctrico
Turbiedad	Nefelométrico
Ph	Potenciométrico
Temperatura	Calorimétrico
Cloro residual libre	Colorimétrico

DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD UCAYALI
DIRECCIÓN DE EJECUCIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES
[Firma]
LADY KELITA RAMOS PEREZ
LABORANTE EN QUÍMICA ANALÍTICA

Los resultados del presente Informe corresponden sólo a las muestras ensayadas.
Este informe sólo puede ser reproducido en su totalidad, salvo autorización escrita del Laboratorio Ambiental DESA Ucayali.

Figura 46A. Resultado del tercer muestreo del agua después de ser sometida al sistema de osmosis inversa en la IE My. EP Marko Emilio Jara Schenone

ANEXO 3: PANEL FOTOGRÁFICO.



Figura 47A. *Rotulado de los recipientes para los muestreos correspondientes.*



Figura 48A. *Preparación del recipiente para el muestreo.*



Figura 49A. *Obtención de la muestra para análisis fisicoquímico*



Figura 50A. *Obtención de la muestra para análisis parasitológico.*



Figura 51A. *Obtención de muestra para análisis microbiológico.*



Figura 52A. *Muestra obtenida para su posterior análisis.*



Figura 53A. Preparación de la muestra tomada para su almacenamiento y transporte.



Figura 54A. Muestras preparadas para su transporte al laboratorio.



Figura 55A. Centro de obtención del agua procesada por osmosis inversa ubicado en la Institución Educativa Integrada Ivonis Mazzarolo - I.E. N° 65102, Manantay, Provincia Coronel Portillo, departamento Ucayali.



Figura 56A. Centro de obtención del agua procesada por osmosis inversa ubicado en la Institución Educativa My. EP. Marko Emilio Jara Schenone - I.E. N° 64912, Manantay, Provincia Coronel Portillo, departamento Ucayali.

ANEXO 4: Límites máximos permisibles

- **Parámetros microbiológicos y otros organismos**

Tabla 13A. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS		
Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y o quistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias
 (*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

Fuente: (MINSA, 2011). *Anexo I.*

- **Parámetros de calidad organoléptica**

Tabla 14A. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA		
Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mgL ⁻¹	250
9. Sulfatos	mgL ⁻¹	250
10. Dureza total	mgL ⁻¹	500
11. Amoniac	mgL ⁻¹	1,5
12. Hierro	mgL ⁻¹	0,3
13. Manganeso	mgL ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mgL ⁻¹	0,2
15. Cobre	mgL ⁻¹	2,0
16. Zinc	mgL ⁻¹	3,0
17. Sodio	mgL ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero
 UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: (MINSA, 2011)

- **Parámetros inorgánicos y orgánicos**

Tabla 15A. Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS		
Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Antimonio	---	Aceptable
Arsénico (nota 1)	---	Aceptable
Bario	UCV escala Pt/Co	15
Boro	UNT	5
Cadmio	Valor de pH	6,5 a 8,5
Cianuro	µmho/cm	1 500
Cloro (nota 2)	mgL ⁻¹	1 000
Clorito	mgL ⁻¹	250
Clorato	mgL ⁻¹	250
Cromo total	mgL ⁻¹	500
Flúor	mgL ⁻¹	1,5
Mercurio	mgL ⁻¹	0,3
Niquel	mgL ⁻¹	0,4
Nitratos	mgL ⁻¹	0,2
Nitritos	mgL ⁻¹	2,0
Plomo	mgL ⁻¹	3,0
Selenio	mgL ⁻¹	200
Molibdeno		
Uranio		
Parámetros orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL ⁻¹	0,01
3. Alacloro	mgL ⁻¹	0,5
4. Aldicarb	mgL ⁻¹	0,020
5. Aldrín y dieldrín	mgL ⁻¹	0,010
6. Benceno	mgL ⁻¹	0,00003
7. Clordano (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,010
8. DDT (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,0002
9. Endrin	mgL ⁻¹	0,001
10. Gamma HCH (lindano)	mgL ⁻¹	0,0006
11. Hexaclorobenceno	mgL ⁻¹	0,002
12. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL ⁻¹	0,001
13. Metoxicloro	mgL ⁻¹	0,00003
14. Pentaclorofenol	mgL ⁻¹	0,020
15. 2,4-D	mgL ⁻¹	0,009
16. Acrilamida	mgL ⁻¹	0,030
17. Epiclorhidrina	mgL ⁻¹	0,0005
18. Cloruro de vinilo	mgL ⁻¹	0,0004
19. Benzopireno	mgL ⁻¹	0,0003
20. 1,2-dicloroetano	mgL ⁻¹	0,0007
21. Tetracloroetano	mgL ⁻¹	0,03
22. Monocloramina	mgL ⁻¹	0,04
23. Tricloroetano	mgL ⁻¹	3
24. Tetracloruro de carbono	mgL ⁻¹	0,07
25. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL ⁻¹	0,004
26. 1,2- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	0,008
27. 1,4- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	0,3

29.	1,1- Dicloroetano	mgL ⁻¹	0,03
30.	1,2- Dicloroetano	mgL ⁻¹	0,05
31.	Diclorometano	mgL ⁻¹	0,02
32.	Ácido edético (EDTA)	mgL ⁻¹	0,6
33.	Etilbenceno	mgL ⁻¹	0,3
34.	Hexaclorobutadieno	mgL ⁻¹	0,0006
35.	Acido Nitrilotriacético	mgL ⁻¹	0,2
36.	Estireno	mgL ⁻¹	0,02
37.	Tolueno	mgL ⁻¹	0,7
38.	Xileno	mgL ⁻¹	0,5
39.	Atrazina	mgL ⁻¹	0,002
40.	Carbofurano	mgL ⁻¹	0,007
41.	Clorotoluron	mgL ⁻¹	0,03
42.	Cianazina	mgL ⁻¹	0,0006
43.	2,4- DB	mgL ⁻¹	0,09
44.	1,2- Dibromo-3-Cloropropano	mgL ⁻¹	0,001
45.	1,2- Dibromoetano	mgL ⁻¹	0,0004
46.	1,2- Dicloropropano (1,2-DCP)	mgL ⁻¹	0,04
47.	1,3- Dicloropropeno	mgL ⁻¹	0,02
48.	Dicloroprop	mgL ⁻¹	0,1
49.	Dimetato	mgL ⁻¹	0,006
50.	Fenoprop	mgL ⁻¹	0,009
51.	Isoproturon	mgL ⁻¹	0,009
52.	MCPA	mgL ⁻¹	0,002
53.	Mecoprop	mgL ⁻¹	0,01
54.	Metolacloro	mgL ⁻¹	0,01
55.	Molinato	mgL ⁻¹	0,006
56.	Pendimetalina	mgL ⁻¹	0,02
57.	Simazina	mgL ⁻¹	0,002
58.	2,4,5- T	mgL ⁻¹	0,009
59.	Terbutilazina	mgL ⁻¹	0,007
60.	Trifluralina	mgL ⁻¹	0,02
61.	Cloropirifos	mgL ⁻¹	0,03
62.	Piriproxifeno	mgL ⁻¹	0,3
63.	Microcistin-LR	mgL ⁻¹	0,001
64.	Bromato	mgL ⁻¹	0,01
65.	Bromodiclorometano	mgL ⁻¹	0,06
66.	Bromoformo	mgL ⁻¹	0,1
67.	Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mgL ⁻¹	0,01
68.	Cloroformo	mgL ⁻¹	0,2
69.	Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL ⁻¹	0,07
70.	Dibromoacetnitrilo	mgL ⁻¹	0,07
71.	Dibromoclorometano	mgL ⁻¹	0,1
72.	Dicloroacetato	mgL ⁻¹	0,05
73.	Dicloroacetnitrilo	mgL ⁻¹	0,02
74.	Formaldehído	mgL ⁻¹	0,9
75.	Monocloroacetato	mgL ⁻¹	0,02
76.	Tricloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
77.	2,4,6- Triclorofenol		

Nota 1: En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL⁻¹.

Nota 2: Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL⁻¹.

Nota 3: La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodiclorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{clorofoma}}}{\text{LMP}_{\text{clorofoma}}} + \frac{C_{\text{dibromodlorometano}}}{\text{LMP}_{\text{dibromodlorometano}}} + \frac{C_{\text{tetrabromodlorometano}}}{\text{LMP}_{\text{tetrabromodlorometano}}} + \frac{C_{\text{tribromofoma}}}{\text{LMP}_{\text{tribromofoma}}} \leq 1$$

donde, C: concentración en mgL⁻¹, y LMP: límite máximo permisible en mgL⁻¹

Fuente: (MINSA, 2011).

- **Parámetros radiactivos**

Tabla 16A. Límites máximos permisibles de parámetros radiactivos.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS RADIATIVOS		
Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Dosis de referencia total (nota 1)	mSv/año	0,1
2. Actividad global c	BqL ⁻¹	0,5
3. Actividad global d	BqL ⁻¹	1,0

Nota 1: Si la actividad global c de una muestra es mayor a 0,5 BqL⁻¹ o la actividad global d es mayor a 1 BqL⁻¹, se deberán determinar las concentraciones de los distintos radionúclidos y calcular la dosis de referencia total; si ésta es mayor a 0,1 mSv/año se deberán examinar medidas correctivas; si es menor a 0,1 mSv/año el agua se puede seguir utilizando para el consumo.

Fuente: (MINSA, 2011).

ANEXO 5: Referencias de algunos metales.

Tabla 17A. Referencias para el cloro libre en el agua de consumo.

Valor de referencia	5 mgL⁻¹
Presencia	Está presente en la mayoría de las agua de consumo desinfectadas, en concentraciones de 0,2-1 mgL ⁻¹
IDT	150 µg/kg de peso corporal, calculada a partir de una DSEAO para la ausencia de toxicidad en roedores que ingirieron cloro en el agua de bebida durante 2 años.
Límite de detección	0,01 µgL ⁻¹ mediante HPLC tras derivación precolumna a 4-bromoacetanilida; 10 µgL ⁻¹ como cloro libre mediante colorimetría; 0,2 mgL ⁻¹ mediante cromatografía iónica.
Concentración alcanzable mediante tratamiento	Es posible disminuir eficazmente la concentración de cloro a cero (<0,1 mgL ⁻¹) mediante reducción. No obstante, es normal proporcionar al agua una concentración residual de cloro de unas pocas décimas de miligramo por litro para que actúe como conservante durante su distribución.
Cálculo del valor de referencia	
Asignación al agua	100% de la IDT
Peso	adulto de 60 kg
Consumo	2 litros al día
Observaciones adicionales	El valor de referencia es conservador, ya que en el estudio crítico no se determinó una dosis sin efecto adverso. La mayoría de las personas perciben el sabor del cloro cuando su concentración es la del valor de referencia.

Fuente: (OMS, 2006), (OMS, 2011)

Tabla 18A. Referencias para el boro en el agua de consumo.

Valor de referencia provisional	0,05 mgL⁻¹ Este valor de referencia se designa como provisional porque con las técnicas de tratamientos disponibles será difícil alcanzarlo en zonas con concentraciones naturales de boro elevadas.
Presencia	Las concentraciones varían mucho en función de la geología de la zona y de los vertidos de aguas residuales. Se estima que la concentración de boro en el agua de consumo, en la mayor parte del mundo, es de 0,1 a 0,3 mgL ⁻¹ .
IDT	0,16 mg/kg de peso corporal, basada en una DSEAO de 9,6 mg/kg de peso corporal al día para embriotoxicidad (disminución del peso de fetos de ratas) y aplicando un factor de incertidumbre de 60 (10 para la variación interespecífica y 6 para la intraespecífica).
Límite de detección	0,2 µgL ⁻¹ mediante ICP/MS; 6-10 µgL ⁻¹ mediante ICP/AES.
Concentración alcanzable mediante tratamiento	Los tratamientos convencionales del agua (coagulación, sedimentación y filtración) no eliminan cantidades significativas de boro, por lo que es necesario utilizar métodos especiales para eliminarlo de las aguas que tengan concentraciones altas. Mediante tratamientos de intercambio iónico y de ósmosis inversa puede conseguirse una disminución sustancial, pero su coste suele resultar prohibitivo. Posiblemente, el único método económico para disminuir la concentración de boro en aguas con concentraciones altas sea la mezcla con aguas con concentraciones bajas de boro.
Cálculo del valor de referencia	
asignación al agua	10% de la IDT
peso	adulto de 60 kg
• consumo	2 litros al día

Fuente: (OMS, 2006), (OMS, 2011)

Tabla 19A. Referencias para bario en el agua de consumo.

Valor de referencia	0,07 mgL ⁻¹
Presencia	La concentración en el agua de consumo generalmente es inferior a 100 µgL ⁻¹ , aunque en agua de consumo procedente de aguas subterráneas se han registrado concentraciones superiores a 1 mgL ⁻¹ .
DSEAO en las personas	7,3 mgL ⁻¹ en el estudio epidemiológico más sensible realizado hasta la fecha, en el que no se encontraron diferencias significativas en la tensión arterial ni en la prevalencia de enfermedades cardiovasculares entre una población que bebía agua con una concentración media de bario de 7,3 mgL ⁻¹ y otra cuya agua contenía 0,1 mgL ⁻¹ de bario.
Cálculo del valor de referencia	Se aplicó a la DSEAO en personas un factor de incertidumbre de 10 para la variación intraespecífica.
Límite de detección	0,1 µgL ⁻¹ mediante ICP/MS; 2 µgL ⁻¹ mediante AAS; 3 µgL ⁻¹ mediante ICP/espectroscopía de emisión óptica
Concentración alcanzable mediante tratamiento	La concentración debería poderse reducir hasta 0,1 mgL ⁻¹ mediante intercambio iónico o ablandamiento por precipitación; el resto de los tratamientos convencionales no son eficaces.
Observaciones adicionales	El valor de referencia para el bario se basa en un estudio epidemiológico en el que no se observó ningún efecto adverso, pero la población del estudio era relativamente pequeña y su potencia estadística limitada. En consecuencia, se aplicó un factor de incertidumbre de 10 a la concentración de bario del agua de consumo de la población del estudio. No obstante, la concentración a la que se manifiesten efectos puede ser significativamente mayor que ésta, por lo que puede considerarse que el valor de referencia para el bario es muy conservador y es probable que el margen de seguridad sea grande.

Fuente: (OMS, 2006), (OMS, 2011).

Tabla 20A. Referencias para cadmio en el agua de consumo.

Valor de referencia	0,03 mgL⁻¹
Presencia	Las concentraciones en el agua de consumo suelen ser menores que 1 µgL ⁻¹ .
ISTP	7 µg/kg de peso corporal, basándose en que para que la concentración de cadmio en la corteza renal no exceda de 50 mg/kg, la ingesta total de cadmio no debe exceder 1 µg/kg de peso corporal al día (suponiendo una tasa de absorción de cadmio en la alimentación del 5% y una tasa de excreción diaria del 0,005% de la carga corporal).
Límite de detección	0,01 µgL ⁻¹ mediante ICP/MS; 2 µgL ⁻¹ mediante FAAS.
Concentración alcanzable mediante tratamiento	La concentración debería poderse reducir hasta 0,002 mgL ⁻¹ mediante coagulación o ablandamiento por precipitación.
Cálculo del valor de referencia asignación al agua	10% de la ISTP
Peso	adulto de 60 kg
Consumo	2 litros al día
Observaciones adicionales	Aunque hay datos nuevos que indican que una parte de la población general puede estar expuesta a un riesgo mayor de disfunción tubular si se expone a la ISTP actual, las estimaciones de riesgo que pueden hacerse actualmente son imprecisas. Se observa que la diferencia entre la ISTP y la ingesta semanal real de cadmio por la población general es pequeña, de un factor de menos de 10, y que esta diferencia puede ser aún menor en los fumadores.

Fuente: (OMS, 2006), (OMS, 2011)

Tabla 21A. Referencias para cromo en el agua de consumo.

Valor de referencia provisional	0,05 mgL⁻¹ para el cromo total El valor de referencia se designa como provisional debido a incertidumbres en la base de datos toxicológica.
Presencia	Las concentraciones totales de cromo en el agua de consumo suelen ser inferiores a 2 µgL ⁻¹ , aunque se han descrito concentraciones de hasta 120 µgL ⁻¹ .
Método de cálculo del valor de referencia	No hay estudios de toxicidad adecuados disponibles que permitan determinar una DSEAO. En 1958 se propuso el primer valor de referencia para el cromo hexavalente debido a sus posibles efectos perjudiciales para la salud, pero más tarde se modificó a un valor de referencia para el cromo total por la dificultad de analizar únicamente la forma hexavalente.
Límite de detección	0,05-0,2 µg/l para el cromo total mediante AAS.
Concentración alcanzable mediante tratamiento	La concentración debería poderse reducir hasta 0,015 mgL ⁻¹ mediante coagulación.

Fuente: (OMS, 2006), (OMS, 2011)

Tabla 22A. Referencias para cobre en el agua de consumo.

Valor de referencia	2 mg/l
Presencia	Las concentraciones en el agua de consumo varían de ≤0,005 hasta >30 mg/l, principalmente como resultado de la corrosión de tuberías de cobre interiores.
Método de determinación del valor de referencia	Para proteger de los efectos gastrointestinales agudos del cobre y proporcionar un margen de seguridad adecuado a las poblaciones con una homeostasis normal del cobre.
Límite de detección	0,02-0,1 µg/l mediante ICP/MS; 0,3 µg/l mediante ICP/espectroscopía de emisión óptica; 0,5 µg/l mediante FAAS.
Concentración alcanzable mediante tratamiento	Los tratamientos convencionales no eliminan el cobre. No obstante, el cobre no es un contaminante habitual del agua bruta.
Observaciones adicionales	El valor de referencia debería permitir a las personas adultas con una homeostasis normal del cobre beber de 2 a 3 litros de agua al día y consumir cobre en complementos alimenticios y en los alimentos sin exceder la ingesta máxima tolerable de 10 mg/día ni provocar una respuesta gastrointestinal adversa. Cuando la concentración de cobre es superior a 1 mg/l, el agua mancha la ropa lavada y los aparatos sanitarios. En concentraciones superiores a 2,5 mg/l, el cobre confiere un sabor amargo no deseado al agua; en concentraciones superiores afecta también a su color. En la mayoría de los casos en los que se utilizan tuberías de cobre como material de fontanería, la concentración de cobre será inferior al valor de referencia. No obstante, en determinadas circunstancias, como en el caso de las aguas muy ácidas o corrosivas, se generarán concentraciones de cobre mucho más altas, y la utilización de tuberías de cobre puede no ser apropiada.

Fuente: (OMS, 2006), (OMS, 2011).

Tabla 23A. Referencias para manganeso en el agua de consumo.

Valor de referencia	0,4 mg/l
Presencia	Las concentraciones en el agua dulce varían habitualmente entre 1 y 200 µg/l, aunque se han descrito concentraciones de hasta 10 mg/l en aguas subterráneas ácidas y niveles aún más altos en aguas aerobias, habitualmente asociados a contaminación industrial.
IDT	0,06 mg/kg de peso corporal, basada en el valor máximo del intervalo de ingesta de manganeso, 11 mg/día, determinado mediante estudios sobre la alimentación, para el que no se observan efectos

	adversos (es decir, se considera una DSEAO), aplicando un factor de incertidumbre de 3 para tener en cuenta la posiblemente mayor biodisponibilidad del manganeso presente en el agua.
Límite de detección	0,01 µg/l mediante AAS; 0,05 µg/l mediante ICP/MS; 0,5 µg/l mediante ICP/espectroscopía de emisión óptica; 1 µg/l mediante EAAS; 10 µg/l mediante FAAS.
Concentración alcanzable mediante tratamiento	La concentración debería poderse reducir hasta 0,05 mg/l mediante oxidación y filtración.
Cálculo del valor de referencia	
Asignación al agua	20% de la IDT (debido a que el manganeso es un oligoelemento esencial)
Peso	adulto de 60 kg
Consumo	2 litros al día
Observaciones adicionales	La presencia de manganeso en el agua de consumo será rechazada por los consumidores si se deposita en los conductos de agua y ocasiona la coloración del agua. Los consumidores suelen aceptar concentraciones inferiores a 0,05-0,1 mg/l; estas concentraciones pueden a veces producir sedimentos negros en los conductos de agua tras periodos prolongados, pero esto puede variar en función de las circunstancias locales.

Fuente: (OMS, 2006), (OMS, 2011).

Tabla 24A. Referencias para molibdeno en el agua de consumo.

Valor de referencia	0,07 mg/l
Presencia	Las concentraciones en el agua de consumo generalmente son menores que 0,01 mg/l, aunque se han descrito concentraciones de hasta 200 µg/l en zonas cercanas a explotaciones mineras..
DSEAO	0,2 mg/l en un estudio de 2 años en personas expuestas por el agua de consumo, aplicando un factor de incertidumbre de 3 para la variación intraespecífica (debido a que el molibdeno es un elemento esencial).
Límite de detección	0,25 µg/l mediante AAS de horno de grafito; 2 µg/l mediante ICP/AES.
Concentración alcanzable mediante tratamiento	El molibdeno no se elimina del agua de consumo.
Observaciones adicionales	El valor de referencia está dentro del intervalo de valores calculado a partir de los resultados de estudios toxicológicos en especies animales y es congruente con las necesidades diarias básicas.

Fuente: (OMS, 2006), (OMS, 2011).

Tabla 25A. Referencias para níquel en el agua de consumo.

Valor de referencia	0,07 mg/l
Presencia	La concentración de níquel en el agua de consumo es normalmente menor que 0,02 mg/l, aunque el níquel que liberan los grifos y accesorios podría aportar hasta 1 mg/l. En casos particulares en que hay liberación de níquel de depósitos naturales o industriales en el terreno, las concentraciones de níquel en el agua de consumo pueden ser mayores.
IDT	12 µg/kg de peso corporal, a partir de una DMEAO establecida tras la realización de una prueba de provocación oral en pacientes en ayunas, con el estómago vacío.
Límite de detección	0,1 µg/l mediante ICP/MS; 0,5 µg/l mediante FAAS; 10 µg/l mediante ICP/AES.
Concentración alcanzable	La concentración debería poderse reducir hasta 20 µg/l mediante tratamientos convencionales, como la coagulación. Si el níquel de

mediante tratamiento	origen natural se moviliza en aguas subterráneas, se elimina mediante adsorción o intercambio de iones. Si el níquel procede de aleaciones que están en contacto con el agua de consumo o de grifos recubiertos de níquel o cromo, su control se realiza mediante el control adecuado de los materiales que entran en contacto con el agua de consumo y purgando los grifos antes de utilizarlos.
Cálculo del valor de referencia	
Asignación al agua	20% de la IDT
Peso	adulto de 60 kg
Consumo	2 litros al día
Observaciones adicionales	Aunque el valor de referencia se aproxima a la DMEAO aguda, la DMEAO se basa en la exposición total al agua de consumo, y la absorción del agua de consumo en un estómago vacío es de 10 a 40 veces mayor que la absorción de los alimentos. El cálculo de la ingesta total aceptable basada en estudios de provocación oral con agua de consumo en pacientes en ayunas y con el estómago vacío puede considerarse, por tanto, la peor situación posible. Se pudo determinar un valor de toxicidad general de 130 µg/l a partir de un estudio bien realizado en dos generaciones de ratas. No obstante, este valor de toxicidad general podría no ofrecer la suficiente protección a las personas sensibles al níquel, en las que una provocación oral con una dosis suficientemente alta de níquel produce una reacción eccematosa.

Fuente: (OMS, 2006), (OMS, 2011)

Tabla 26A. Referencias para plomo en el agua de consumo.

Valor de referencia	0,01 mg/l
Presencia	Las concentraciones en el agua de consumo son, por lo general, menores que 5 µg/l, aunque se han medido concentraciones mucho más altas (mayores que 100 µg/l) en instalaciones con accesorios de plomo.
ISTP	25 µg/kg de peso corporal (equivalente a 3,5 µg/kg de peso corporal al día) para lactantes y niños, teniendo en cuenta que el plomo es una sustancia tóxica acumulativa y que no debe acumularse plomo en el organismo.
Límite de detección	1 µg/l mediante AAS.
Concentración alcanzable mediante tratamiento	No es un contaminante del agua bruta, de modo que no se aplica tratamiento.
Cálculo del valor de referencia	
Asignación al agua	50% de la ISTP
Peso	lactante de 5 kg
Consumo	0,75 litros al día
Observaciones adicionales	Dado que los lactantes se consideran el subgrupo de población más sensible, este valor de referencia también protegerá al resto de los grupos de edad. El caso del plomo es excepcional, ya que la mayoría del plomo del agua de consumo proviene de las instalaciones de fontanería de los edificios y la principal solución es eliminar todas las tuberías y accesorios que contienen plomo. Esto exige mucho tiempo y dinero, y se reconoce que no toda el agua alcanzará este valor inmediatamente. Mientras tanto, deben aplicarse todas las demás medidas prácticas que puedan reducir la exposición total al plomo, incluido el control de la corrosión.

Fuente: (OMS, 2006), (OMS, 2011)

Tabla 27A. Referencias para antimonio en el agua de consumo.

Valor de referencia	0,02 mg/l
Presencia	Las concentraciones en aguas subterráneas y superficiales son normalmente de 0,1 a 0,2 µg/l; las concentraciones en el agua de consumo son, al parecer, menores que 5 µg/l.
IDT	6 µg/kg de peso corporal, basada en una DSEAO de 6,0 mg/kg de peso corporal al día correspondiente a la ralentización del aumento de peso corporal y la reducción de la ingesta de alimentos y agua en un estudio de 90 días en el que se administró a ratas tartrato de antimonio y potasio en agua de consumo, aplicando un factor de incertidumbre de 1000 (100 para la variación inter e intraespecífica, y 10 por la corta duración del estudio).
Límite de detección	0,01 µg/l mediante EAAS; 0,1-1 µg/l mediante ICP/MS; 0,8 µg/l mediante EAA con horno de grafito; 5 µg/l mediante AAS con generación de hidruros.
Concentración alcanzable mediante tratamiento	Los tratamientos convencionales no eliminan el antimonio. No obstante, el antimonio no es un contaminante habitual del agua bruta. Dado que la fuente más común de antimonio en aguas de consumo parece ser la disolución de cañerías y accesorios metálicos de fontanería, el control del antimonio procedente de estas fuentes se realizaría mediante el control de estos productos.
Cálculo del valor de referencia	
Asignación al agua	10% de la IDT
Peso	adulto de 60 kg
Consumo	2 litros al día

Fuente: (OMS, 2006), (OMS, 2011)

Tabla 28A. Referencias para arsénico en el agua de consumo.

Valor de referencia provisional	de 0,01 mg/l
Presencia	El valor de referencia se designa como provisional debido a la existencia de incertidumbres científicas. Las concentraciones en aguas naturales son generalmente de 1 a 2 µg/l, aunque pueden ser mayores (hasta 12 mg/l) en zonas con presencia de fuentes naturales de arsénico.
Método de cálculo del valor de referencia	Sigue habiendo incertidumbre considerable sobre los riesgos reales a concentraciones bajas, y los datos disponibles sobre el modo de acción no proporcionan una base biológica para la extrapolación lineal o no lineal. Dadas las incertidumbres significativas en torno a la evaluación de riesgos relativos a la capacidad cancerígena del arsénico, el límite práctico de cuantificación, del orden de 1-10 µg/l, y las dificultades prácticas para eliminar el arsénico del agua de consumo, se mantiene el valor de referencia de 10 µg/l. El valor de referencia se designa como provisional debido a la existencia de incertidumbres científicas.
Límite de detección	0,1 µg/l mediante ICP/MS; 2 µg/l mediante AAS o FAAS con generación de hidruros.
Concentración alcanzable mediante tratamiento	Es factible técnicamente reducir la concentración de arsénico hasta 5 µg/l o menos mediante cualquiera de varios métodos de tratamiento posibles; no obstante, es preciso para ello una cuidadosa optimización y control de los procesos, y es más razonable la expectativa de alcanzar 10 µg/l mediante tratamientos convencionales, como la coagulación.
Observaciones adicionales	Existe un documento de orientación sobre la gestión del arsénico. En muchos países, este valor de referencia puede no ser alcanzable. En tales casos, debe ponerse el máximo empeño en mantener las concentraciones en los niveles más bajos que sea posible.

Fuente: (OMS, 2006), (OMS, 2011).

Glosario

CIIC	Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer
DMEAO	Dosis mínima con efecto adverso observado
DR	Dosis de referencia
DSEAO	Dosis sin efecto adverso observado
IDT	Ingesta Diaria Tolerable
IDTP	Ingesta Diaria Tolerable Provisional
ISTP	Ingesta semanal tolerable provisional
LOAEL	Lowest-observed-adverse-effect level
OMS	Organización Mundial de la Salud