



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL  
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**EXPERIMENTACIÓN DE LA ZEOLITA COMO MEDIO  
FILTRANTE EN AGUAS CLARIFICADAS DE UNA  
PLANTA POTABILIZADORA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Michael Yolaus Celi Armijos

Jean Carlos Yantalema Bajaña

TUTOR: Ing. Néstor Marcelo Berrones, M. I. A.

**Guayaquil - Ecuador**

**2024**

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Nosotros, Michael Yolaus Celi Armijos con documento de identificación No. 0941423295 y Jean Carlos Yantalema Bajaña con documento de identificación No. 0923173827; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 04 de marzo del año 2024

Atentamente,



---

Michael Yolaus Celi Armijos  
No. 0941423295



---

Jean Carlos Yantalema Bajaña  
No. 0923173827

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Michael Yolaus Celi Armijos con documento de identificación No. 0941423295 y Jean Carlos Yantalema Bajaña con documento de identificación No. 0923173827, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo experimental “EXPERIMENTACIÓN DE LA ZEOLITA COMO MEDIO FILTRANTE EN AGUAS CLARIFICADAS DE UNA PLANTA POTABILIZADORA”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 04 de marzo del año 2024

Atentamente,



---

Michael Yolaus Celi Armijos  
No. 0941423295



---


Jean Carlos Yantalema Bajaña  
No. 0923173827

**CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Néstor Marcelo Berrones Rivera, con documento de identificación No. 0914078290, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: EXPERIMENTACIÓN DE LA ZEOLITA COMO MEDIO FILTRANTE EN AGUAS CLARIFICADAS DE UNA PLANTA POTABILIZADORA, realizado por Michael Yolaus Celi Armijos con documento de identificación No. 0941423295 y Jean Carlos Yantalema Bajaña con documento de identificación No. 0923173827, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo opción de trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 04 de marzo del año 2024

Atentamente,



---

Néstor Marcelo Berrones Rivera  
No. 0914078290

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada a Dios, quien ha sido mi guía constante en el camino de la vida, iluminando mi mente con su infinita sabiduría y fortaleciendo mi espíritu en cada desafío. A mis padres, ejemplos de amor y sacrificio, les dedico esta obra con profundo amor y gratitud por su incondicional apoyo, que me impulsa a seguir adelante y hace posible este logro. A los docentes, faros de conocimiento, les dedico esta tesis por su dedicación y pasión por enseñar, sembrando en mí la semilla del saber y la curiosidad. A mi tutor de tesis, Ing. Néstor Marcelo Berrones, M. I. A., le dedico esta obra por ser mi guía en este arduo trabajo académico, por su paciencia, sabiduría y constante apoyo. A la Universidad Politécnica Salesiana, como símbolo de mi gratitud, le dedico esta tesis por brindarme un espacio de crecimiento y desarrollo, siendo la cuna de mi formación profesional. Con humildad y gratitud, dejo esta dedicatoria como testimonio de la importancia del amor, el apoyo y la fe en el logro de los sueños. ¡A todos, mi más sincero agradecimiento!

**Michael Yolaus Celi Armijos**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se dedica a Dios, fuente de luz y sabiduría, por ser mi guía constante en el camino de la vida, iluminando mi mente con su infinita sabiduría y fortaleciendo mi espíritu en cada desafío. A mis padres, ejemplos de amor y sacrificio, les dedico esta obra con profundo amor y gratitud por su incondicional apoyo, que me impulsa a seguir adelante y hace posible este logro. A los docentes, faros de conocimiento, les dedico esta tesis por su dedicación y pasión por enseñar, sembrando en mí la semilla del saber y la curiosidad. A mi tutor de tesis, Ing. Néstor Marcelo Berrones, M. I. A., le dedico esta obra por ser mi guía en este arduo trabajo académico, por su paciencia, sabiduría y constante apoyo. A la Universidad Politécnica Salesiana, como símbolo de mi gratitud, le dedico esta tesis por brindarme un espacio de crecimiento y desarrollo, siendo la cuna de mi formación profesional. Con humildad y gratitud, dejo esta dedicatoria como testimonio de la importancia del amor, el apoyo y la fe en el logro de los sueños. ¡A todos, mi más sincero agradecimiento!

**Jean Carlos Yantalema Bajaña**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco sinceramente a Dios por ser mi guía y mi fuerza en este camino académico, a mis amados padres por su amor incondicional y apoyo constante, a los respetados docentes por compartir su sabiduría y pasión por enseñar, al ingeniero Néstor Marcelo Berrones, M. I. A., por su invaluable orientación y paciencia durante este proceso, y a la Universidad Politécnica Salesiana por brindarme los recursos y el ambiente propicio para mi formación. Sin su apoyo, este logro no habría sido posible. A todos, mi más profundo agradecimiento.

**Michael Yolaus Celi Armijos**

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios, fuente de fortaleza y sabiduría, por iluminar mi camino durante este proceso académico. Agradezco infinitamente a mis queridos padres por su incondicional apoyo y sacrificio que han sido fundamentales en este logro. A los respetados docentes, mi gratitud por su dedicación y enseñanzas que han enriquecido mi aprendizaje. Al ingeniero Néstor Marcelo Berrones, M. I. A., mi tutor de tesis, le agradezco profundamente por su orientación experta y paciencia. Y a la Universidad Politécnica Salesiana, mi reconocimiento por brindarme la oportunidad de crecer académicamente en un ambiente de excelencia. Sin la ayuda y el respaldo de cada uno de ustedes, este logro no sería posible. Muchas gracias.

**Jean Carlos Yantalema Bajaña**



**TABLA DE CONTENIDO**

1. CAPÍTULO I.....	1
1.1.    Introducción.....	1
1.2.    Problemática .....	2
1.3.    Delimitación .....	3
1.3.1. Delimitación geográfica .....	3
1.3.2. Delimitación temporal .....	3
1.3.3. Delimitación sectorial.....	4
1.4.    Justificación .....	4
1.5.    Objetivos.....	5
1.5.1. Objetivo general .....	5
1.5.2. Objetivos específicos .....	5
1.6.    Marco hipotético.....	6
1.6.1. Marco hipotético general .....	6
1.6.2. Marco hipotético específico.....	6
2. CAPÍTULO II .....	7
2.1.    Fundamentación teórica.....	7
2.1.1. Propiedades y estructura de la zeolita.....	7
2.1.2. Procesos de adsorción en el tratamiento de aguas.....	8
2.1.3. Contaminantes presentes en aguas clarificadas y su impacto en la salud pública .....	9

2.1.4. Métodos convencionales de tratamiento de aguas clarificadas .....	10
2.1.5. El proceso de coagulación-floculación.....	10
2.1.6. La sedimentación.....	10
2.1.7. La filtración .....	10
2.1.8. La desinfección .....	11
2.1.9. Importancia del cumplimiento de normativas y regulaciones en el tratamiento de agua potable .....	11
2.1.10. Aplicaciones de la zeolita en el tratamiento de aguas .....	12
2.1.11. Eficacia de la zeolita en la remoción de metales pesados del agua .....	13
2.1.12. Impacto ambiental del uso de zeolita en el tratamiento de aguas.....	14
2.1.13. Tecnologías emergentes en el tratamiento de aguas clarificadas.....	15
2.1.14. Procedimientos de análisis y evaluación de la calidad del agua potable.....	16
2.1.15. Monitoreo y control de la calidad del agua en plantas potabilizadoras.....	17
2.1.16. Desarrollo de estrategias para mejorar la calidad del agua potable en zonas afectadas por la escasez de recursos hídricos .....	18
2.2. Marco legal .....	20
3. CAPÍTULO III .....	21
3.1. Enfoque investigativo .....	21
3.2. Investigación experimental.....	21
3.3. Investigación documental .....	21
3.4. Método de investigación.....	22

3.4.1. Método de toma de muestra.....	22
3.4.2. Método de análisis .....	23
3.4.3. Método de interpretación.....	24
3.5. Área de estudio .....	25
3.6. Criterios de investigación .....	26
3.6.1. Estaciones de muestreo.....	26
3.7. Variables del estudio.....	28
3.7.1. Variable dependiente .....	28
3.7.2. Variables independientes .....	28
3.8. Análisis de datos .....	28
3.9. Elaboración de diagnóstico.....	29
3.9.1. Matriz de los resultados de diagnóstico.....	29
3.10. Presentación de propuesta.....	30
3.10.1. Recursos del prototipo .....	31
4. CAPÍTULO IV .....	32
Resultados y discusión.....	32
4.1. Análisis fisicoquímicos realizados en el agua clarificada de la planta potabilizadora del sector Av. Paquisha, General Villamil Playas, de los estándares de calidad establecidos por la normativa INEN 1108-2014 .....	32
4.2. Evaluación del filtro de zeolita construido para exhibir la eficacia en los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua clarificada tomadas de la planta potabilizadora del sector Av. Paquisha, General Villamil Playas .....	35

4.3. Diferencias del efecto de adsorción del filtro de zeolita mediante comparaciones fisicoquímicas para reconocer su efectividad.....	37
4.3.1. Análisis e interpretación del pH .....	37
4.3.2. Análisis e interpretación del cromo .....	39
4.3.3. Análisis e interpretación de la dureza .....	40
4.3.4. Análisis e interpretación de fluoruros .....	41
4.3.5. Análisis e interpretación de nitratos .....	42
4.3.6. Análisis e interpretación de nitratos .....	43
4.3.7. Análisis e interpretación de sulfatos .....	44
4.3.8. Análisis e interpretación de turbidez .....	44
4.3.9. Análisis e interpretación de cobre (Cu) .....	45
4.3.10. Diseño de bloques completamente al azar (DBCA).....	48
4.3.11. Comparación de la remoción del contaminante mas relevante en el agua clarificada frente al agua filtrada con zeolita para reconocer su efectividad.....	55
4.2.12. Discusión.....	56
5. CAPÍTULO V.....	59
5.1. CONCLUSIONES .....	59
5.2. RECOMENDACIONES .....	60
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61
7. ANEXOS .....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la planta potabilizadora .....	26
Figura 2. Estadísticos descriptivos en muestras de agua clarificada .....	32
Figura 3. Comportamiento de variables fisicoquímicas en muestras de agua clarificada .....	34
Figura 4. Esquema del tratamiento de muestras por medio del filtro a base de zeolitas	36
Figura 4. Comportamiento del pH en Agua clarificada Vs. Agua tratada .....	38
Figura 6. Determinación de pH .....	38
Figura 7. Cromo en Agua clarificada (sin zeolita) Vs. Agua tratada (con zeolita) .....	39
Figura 8. Determinación de cromo mg/L .....	39
Figura 9. Dureza en Agua clarificada (sin zeolita) Vs. Agua tratada (con zeolita).....	40
Figura 10. Determinación de dureza mg/L de CaCO <sub>3</sub> .....	40
Figura 11. Determinación de fluoruros.....	41
Figura 12. Fluoruros en Agua clarificada (sin zeolita) Vs. Agua tratada (con zeolita)...	41
Figura 13. Nitratos en Agua clarificada (sin zeolita) Vs. Agua tratada (con zeolita).....	42
Figura 14. Preparación de muestras en la determinación de nitratos.....	43
Figura 15. Nitritos en Agua clarificada (sin zeolita) Vs. Agua tratada (con zeolita) .....	43
Figura 16. Comportamiento de sulfatos.....	44
Figura 17. Comportamiento de turbidez.....	45
Figura 18. Comportamiento de cobre (Cu).....	46
Figura 19. Comparación del pH en el experimento .....	48

Figura 20. Comparación del cromo en el experimento.....	49
Figura 21. Comparación del fluoruro mg/L en el experimento .....	50
Figura 22. Comparación de los nitratos mg/L en el experimento.....	51
Figura 23. Comparación de los nitritos mg/L en el experimento .....	52
Figura 24. Comparación de la turbidez NTU en el experimento.....	53
Figura 25. Comparación del cobre mg/L en el experimento.....	54
Figura 26. Evaluación de muestras .....	67
Figura 27. Análisis espectrofotómetro .....	67
Figura 28. Preparación de muestras .....	68
Figura 29. Control de muestras.....	68
Figura 30. Muestra de agua clarificada.....	69
Figura 31. Determinación de pH .....	69
Figura 32. Analizando la turbidez en la muestra (turbidímetro).....	70
Figura 33. Muestras para el análisis fisicoquímico y microbiológico .....	70
Figura 34. Preparación previa del proceso de filtrado .....	71
Figura 35. Proceso de filtrado con zeolita .....	71
Figura 36. Muestra filtrada y clarificada por zeolita .....	72
Figura 36. Estadísticos descriptivos en muestras de agua clarificada .....	76
Figura 38. NTE INEN 1108 - Quinta revisión - 2014-01- AGUA POTABLE. REQUISITOS.....	86

Figura 39. NTE INEN 2169:2013 - Primera revisión - AGUA. CALIDAD DEL AGUA.  
MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS ..... 112

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Esquema de registro de datos en la toma de muestras de la fase de experimentación.....	27
Tabla 2. Esquema del formato de la matriz de resultados de diagnóstico para agua clarificada y agua filtrada con el prototipo a base de zeolita.....	30
Tabla 3. Costos de materiales y equipos del prototipo de filtrado.....	31
Tabla 4. Resultados de los análisis fisicoquímicos en las muestras de agua clarificada	33
Tabla 5. Resultados de los análisis fisicoquímicos en muestra de agua filtrada con zeolita .....	47
Tabla 6. Resumen ANOVA del Diseño de bloques completamente al aza (DBCA).....	48
Tabla 7. Análisis de varianza del pH.....	72
Tabla 8. Análisis de varianza del cromo .....	73
Tabla 9. Análisis de varianza de los fluoruros .....	73
Tabla 10. Análisis de varianza de los nitratos .....	74
Tabla 11. Análisis de varianza de los nitritos.....	74
Tabla 12. Análisis de varianza de la turbidez.....	75
Tabla 13. Análisis de varianza del cobre.....	75



## RESUMEN

El presente estudio investigó la eficacia del uso de zeolita como medio de tratamiento para mejorar la calidad del agua, centrándose en la remoción de contaminantes como nitratos, nitritos, cobre y coliformes totales, así como en la reducción de la turbidez. Se realizaron análisis comparativos entre muestras de agua tratadas con zeolita y muestras sin tratar para evaluar los niveles de estos contaminantes y determinar si se cumplen con las normativas ambientales establecidas. Los resultados indican que el tratamiento con zeolita logra reducciones significativas en la concentración de nitratos, nitritos, cobre y coliformes totales, además de mejorar la claridad del agua al reducir la turbidez. Estos hallazgos son consistentes con investigaciones previas que han demostrado la capacidad adsorbente de la zeolita para una variedad de contaminantes. Se concluye que el uso de zeolita como parte del proceso de tratamiento de agua es efectivo para mejorar la calidad del agua y cumplir con los estándares de potabilidad establecidos. Este estudio destaca la importancia de considerar la zeolita como una opción viable en la gestión y tratamiento de recursos hídricos.

**Palabras clave:** Zeolita, tratamiento de agua, calidad del agua, normativas ambientales, potabilidad del agua.

## ABSTRACT

The present study investigated the efficacy of zeolite as a treatment medium to improve water quality, focusing on the removal of contaminants such as nitrates, nitrites, copper and total coliforms, as well as the reduction of turbidity. Comparative analyses were performed between zeolite-treated and untreated water samples to evaluate the levels of these contaminants and determine if they comply with established environmental regulations. The results indicate that zeolite treatment achieves significant reductions in the concentration of nitrates, nitrites, copper and total coliforms, in addition to improving water clarity by reducing turbidity. These findings are consistent with previous research that has demonstrated the adsorptive capacity of zeolite for a variety of contaminants. It is concluded that the use of zeolite as part of the water treatment process is effective in improving water quality and meeting established potability standards. This study highlights the importance of considering zeolite as a viable option in the management and treatment of water resources.

**Key words:** Zeolite, water treatment, water quality, environmental regulations, water potability

## 1. CAPÍTULO I

### 1.1. Introducción

El acceso a agua potable segura y de calidad es fundamental para garantizar la salud y el bienestar de las comunidades. En el Cantón General Villamil Playas, como en muchas otras regiones del mundo, la calidad del agua potable representa un desafío continuo que afecta directamente la seguridad y el bienestar de sus habitantes. En este contexto, la investigación y el desarrollo de soluciones innovadoras para mejorar la calidad del agua potable son de vital importancia.

Las investigaciones realizadas en el Cantón General Villamil Playas han arrojado luz sobre un desafío ineludible: la presencia de una amplia gama de contaminantes en el suministro de agua, que representan una amenaza latente para la salud pública y el bienestar de la comunidad (Corral, 2019). Desde compuestos químicos nocivos hasta microorganismos patógenos, estos contaminantes plantean riesgos significativos, pudiendo desencadenar enfermedades graves e incluso poner en peligro la vida de los residentes locales.

A pesar de los avances tecnológicos en el tratamiento del agua implementados en las plantas potabilizadoras de la zona, persiste un obstáculo formidable: la incapacidad de eliminar eficazmente los contaminantes y partículas suspendidas presentes en las aguas clarificadas. Esta situación se ve agravada por la emergencia de contaminantes emergentes, como productos farmacéuticos y microplásticos, que desafían la eficacia de los métodos de tratamiento convencionales (Smith et al., 2020; Johnson, 2018). La crítica escasez de recursos hídricos en la región añade una capa adicional de complejidad, comprometiendo tanto la calidad como la disponibilidad del agua potable para la comunidad (García et al., 2019).

En este contexto, el presente estudio se centra en la evaluación y mejora de la calidad del agua clarificada ubicada en la planta potabilizadora el sector Av. Paquisha, General Villamil Playas. Se propone la implementación de un prototipo de filtrado de agua basado en zeolita, complementado con cloro, como una solución innovadora y sostenible para abordar los desafíos identificados. Este enfoque multidisciplinario requiere la colaboración estrecha de autoridades locales, profesionales del agua, investigadores y la

comunidad en general, con el objetivo de desarrollar soluciones sostenibles y a largo plazo para mejorar la calidad del agua potable en la región.

A través de este estudio, se busca no solo mejorar la calidad del agua potable en el Cantón General Villamil Playas, sino también contribuir al desarrollo de estrategias y tecnologías innovadoras que puedan ser aplicadas en otras regiones con desafíos similares.

## **1.2. Problemática**

Las investigaciones realizadas en cuanto a la calidad del agua potable en el Cantón General Villamil Playas arrojan luz sobre un desafío ineludible que impacta directamente la seguridad y el bienestar de sus habitantes (Corral, 2019). La presencia de contaminantes en el suministro de agua representa una amenaza latente para la salud pública y el bienestar de la comunidad. Desde compuestos químicos nocivos hasta microorganismos patógenos, estos contaminantes plantean riesgos significativos para la salud, pudiendo desencadenar enfermedades graves e incluso poner en peligro la vida de los residentes locales. En este contexto crítico, se destaca que, a pesar de los avances tecnológicos en el tratamiento del agua implementados en las plantas potabilizadoras de la zona, persiste un obstáculo formidable: la incapacidad de eliminar eficazmente los contaminantes y partículas suspendidas presentes en las aguas clarificadas.

La complejidad de la problemática en torno a la calidad del agua potable en el Cantón General Villamil Playas va más allá de la presencia de contaminantes convencionales como sólidos suspendidos y materia orgánica. Nos enfrentamos a una nueva frontera: la emergencia de contaminantes como productos farmacéuticos y microplásticos, que desafían la eficacia de los métodos de tratamiento convencionales (Smith et al., 2020; Johnson, 2018). Esta situación se agrava aún más por la crítica escasez de recursos hídricos en la región, que compromete tanto la calidad como la disponibilidad del agua potable para la comunidad (García et al., 2019).

El impacto en la salud pública es de suma preocupación, dado que el consumo de agua contaminada aumenta significativamente el riesgo de enfermedades gastrointestinales, infecciones y otros problemas de salud (WHO, 2019). Además, el no cumplimiento de las normativas y regulaciones establecidas en materia de calidad del agua potable puede

acarrear consecuencias legales y sociales, erosionando la confianza de la comunidad en el suministro de agua y socavando la salud pública en general (EPA, 2020).

Para abordar estas complejas problemáticas de manera efectiva, es imperativo implementar mejoras tanto en los procesos de tratamiento de aguas como en la infraestructura de las plantas potabilizadoras y las redes de distribución de agua. Este enfoque multidisciplinario requiere la colaboración estrecha de autoridades locales, profesionales del agua, investigadores y la comunidad en general, con el objetivo de desarrollar soluciones sostenibles y a largo plazo para mejorar la calidad del agua potable en la planta potabilizadora del sector Av. Paquisha, General Villamil Playas (UNESCO, 2018).

### **1.3. Delimitación**

#### **1.3.1. Delimitación geográfica**

La investigación se llevó a cabo en los Laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil en las muestras tomadas específicamente en la planta potabilizadora del sector Av. Paquisha, ubicado en General Villamil Playas, una zona costera de Ecuador. Esta delimitación geográfica permite focalizar el estudio en un área específica que enfrenta desafíos particulares en cuanto al suministro de agua potable y la calidad del agua tratada. Se seleccionó este sector debido a su relevancia y necesidad de encontrar soluciones efectivas para garantizar un suministro de agua seguro y confiable para sus residentes.

#### **1.3.2. Delimitación temporal**

La investigación se llevó a cabo durante un período de cuatro meses, comenzando en noviembre 2023 y finalizando en febrero 2024. Esta delimitación temporal permitió realizar un seguimiento detallado de la implementación del prototipo con zeolita y evaluar su eficacia a lo largo del tiempo. Además, se consideró el análisis de datos históricos relevantes para comprender mejor la evolución de la calidad del agua potable en el área de estudio.

### **1.3.3. Delimitación sectorial**

La investigación se enfocó principalmente en el sector de abastecimiento de agua potable y tratamiento de aguas clarificadas en el área de Av. Paquisha, General Villamil Playas. Se consideró en agua clarificada de la planta potabilizadora siendo la red de distribución de agua en esta zona específica. Esta delimitación sectorial permite concentrarse en los aspectos relevantes para comprender y abordar los desafíos específicos relacionados con la calidad del agua potable en la zona de estudio.

### **1.4. Justificación**

La situación de la problemática descrita anteriormente evidencia la urgencia de encontrar soluciones innovadoras y efectivas para abordar los desafíos relacionados con la calidad del agua potable en el Cantón General Villamil Playas. En este contexto, la implementación de un prototipo de filtrado de agua basado en zeolita emerge como una estrategia prometedora y sostenible para mejorar la seguridad y el bienestar de la comunidad.

La zeolita, con sus propiedades únicas de adsorción y capacidad de intercambio iónico, ofrece una oportunidad excepcional para abordar la presencia de una amplia gama de contaminantes en el suministro de agua. Al utilizar la zeolita como medio filtrante, podemos mejorar la eficiencia del proceso de eliminación de contaminantes convencionales como sólidos suspendidos y materia orgánica, así como abordar la emergencia de contaminantes emergentes como productos farmacéuticos y microplásticos (Li et al., 2021; Zhang et al., 2020).

Además, la combinación de zeolita y cloro como método de tratamiento complementario ofrece una estrategia integral para eliminar la carga patógena del agua potable, garantizando la protección contra microorganismos patógenos y reduciendo significativamente el riesgo de enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada (Liu et al., 2019; Chang et al., 2018).

La implementación de este prototipo no solo mejorará la calidad del agua clarificada de la planta potabilizadora del sector Av. Paquisha, General Villamil Playas, sino que también contribuirá a fortalecer la confianza de la comunidad en el suministro de agua y a salvaguardar la salud pública en general. Este enfoque multidisciplinario, que combina

la ingeniería de tratamiento de aguas, la química de materiales y la salud pública, requiere la colaboración estrecha de autoridades locales, profesionales del agua, investigadores y la comunidad en general para su desarrollo, implementación y monitoreo continuo (Santos et al., 2020; Wang et al., 2019).

El prototipo de filtrado de agua basado en zeolita, complementado con cloro, representa una solución innovadora y sostenible para abordar los desafíos relacionados con la calidad del agua potable en el Cantón General Villamil Playas. Esta iniciativa tiene el potencial de mejorar la seguridad y el bienestar de la comunidad, promoviendo un suministro de agua potable confiable y de alta calidad para las generaciones actuales y futuras.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Evaluar el proceso de adsorción con zeolita a las aguas clarificadas mediante el proceso de la filtración en una planta potabilizadora ubicada en Av. Paquisha, General Villamil Playas con el fin de precisar las diferencias con el actual medio filtrante.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la calidad del agua con el actual medio filtrante mediante ensayos físicos químicos para establecer su nivel de calidad de acuerdo con la normativa INEN 1108-2014.
- Construir el filtro de zeolita mediante un proceso estándar para realizar las pruebas de filtrado del agua pretratada.
- Determinar las diferencias del efecto de adsorción del filtro de zeolita con el actual medio filtrante mediante comparaciones fisicoquímicas para reconocer el más efectivo.

## **1.6. Marco hipotético**

### **1.6.1. Marco hipotético general**

¿Mejorará las condiciones fisicoquímicas del agua clarificada de la planta potabilizadora del sector Av. Paquisha, General Villamil Playas al pasar por un prototipo de filtrado a base de zeolita?

### **1.6.2. Marco hipotético específico**

¿Los ensayos fisicoquímicos realizados en el agua clarificada de la planta potabilizadora del sector Av. Paquisha, General Villamil Playas, demuestran el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos por la normativa INEN 1108-2014?

¿El filtro de zeolita construido exhibe una eficacia superior en los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua clarificada tomadas de la planta potabilizadora del sector Av. Paquisha, General Villamil Playas?

¿Se determinarán diferencias del efecto de adsorción del filtro de zeolita mediante comparaciones fisicoquímicas para reconocer su efectividad?



## 2. CAPÍTULO II

### 2.1. Fundamentación teórica

El tratamiento de aguas clarificadas es un proceso crítico en la garantía de la calidad del agua potable y la protección de la salud pública. La eficacia de este proceso depende en gran medida de los medios adsorbentes utilizados para eliminar contaminantes y partículas suspendidas del agua. En este sentido, la zeolita ha surgido como una alternativa prometedora debido a sus propiedades únicas de adsorción y su capacidad para remover una amplia gama de contaminantes. Según Smith et al. (2019), la zeolita ha demostrado ser altamente efectiva en la remoción de metales pesados, compuestos orgánicos y microorganismos patógenos del agua, lo que la convierte en un medio filtrante atractivo para el tratamiento de aguas clarificadas.

Además, la investigación de García et al. (2020) destaca la importancia de cumplir con las normativas y regulaciones establecidas para garantizar la calidad del agua potable. La normativa NTE INEN 1108-2014 establece los requisitos mínimos que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua potable en Ecuador, incluyendo los parámetros de calidad del agua y los límites máximos permitidos para diferentes contaminantes. Por lo tanto, es crucial evaluar la eficacia del prototipo con zeolita en el cumplimiento de estas normativas para asegurar la seguridad y la salud de los consumidores de agua potable.

#### 2.1.1. Propiedades y estructura de la zeolita

La zeolita es un mineral microporoso con una estructura cristalina tridimensional que presenta una red de canales y cavidades bien definidas. Este mineral se compone principalmente de aluminio, silicio y oxígeno, con la capacidad de intercambiar iones sin afectar su estructura básica (Smith, Johnson, y Williams, 2019). La estructura porosa de la zeolita le confiere propiedades únicas de adsorción y cationización, lo que la convierte en un material altamente versátil y ampliamente utilizado en diversas aplicaciones industriales y medioambientales, incluido el tratamiento de aguas.

La zeolita se caracteriza por su alta capacidad de adsorción de compuestos orgánicos, metales pesados y otros contaminantes presentes en el agua. Su superficie específica y su estructura porosa proporcionan sitios de adsorción altamente activos, lo que permite la remoción eficiente de contaminantes del agua (García, Pérez, y Martínez, 2020). Además,

la zeolita es selectiva en su capacidad de adsorber diferentes iones y moléculas, lo que la hace útil en la purificación y descontaminación de aguas clarificadas.

La estructura única de la zeolita también le confiere propiedades de intercambio iónico, lo que significa que puede intercambiar selectivamente iones presentes en el agua por iones en su estructura cristalina. Esto es especialmente útil en el tratamiento de aguas duras, donde la zeolita puede eliminar iones de calcio y magnesio responsables de la formación de incrustaciones en tuberías y equipos de tratamiento de agua (Smith et al., 2019).

### **2.1.2. Procesos de adsorción en el tratamiento de aguas**

Los procesos de adsorción desempeñan un papel fundamental en el tratamiento de aguas, ya que permiten la remoción eficaz de contaminantes y partículas suspendidas presentes en el agua. La adsorción es un proceso fisicoquímico mediante el cual los contaminantes presentes en el agua se adhieren a una superficie sólida, conocida como adsorbente, a través de fuerzas de atracción intermoleculares (García, Pérez, y Martínez, 2020).

En el contexto del tratamiento de aguas, la adsorción se utiliza para eliminar una amplia variedad de contaminantes, incluyendo compuestos orgánicos, metales pesados, microorganismos patógenos y productos farmacéuticos. La zeolita, debido a sus propiedades adsorbentes únicas, es uno de los adsorbentes más utilizados en estos procesos (Smith, Johnson, y Williams, 2019).

Durante el proceso de adsorción, el agua contaminada pasa a través de una columna o lecho de adsorbente, donde los contaminantes presentes en el agua se adhieren a la superficie de la zeolita. Este proceso se basa en una serie de interacciones físicas y químicas, como la atracción electrostática, los enlaces de hidrógeno y las fuerzas de Van der Waals, que permiten la captura eficiente de los contaminantes por parte del adsorbente (García et al., 2020).

La eficacia del proceso de adsorción depende de varios factores, incluyendo la naturaleza de los contaminantes y del adsorbente, la concentración inicial de contaminantes en el agua, el tiempo de contacto entre el agua y el adsorbente, y las condiciones ambientales, como la temperatura y el pH del agua. Es importante tener en cuenta que, si bien la adsorción es un proceso efectivo para la remoción de contaminantes, puede requerir de

una etapa de regeneración del adsorbente para recuperar su capacidad de adsorción y prolongar su vida útil en el tratamiento de aguas (Smith et al., 2019).

### **2.1.3. Contaminantes presentes en aguas clarificadas y su impacto en la salud pública**

Los contaminantes presentes en aguas clarificadas pueden variar en composición y origen, y su presencia representa una preocupación importante para la salud pública debido a los posibles efectos adversos que pueden tener en quienes consumen o entran en contacto con el agua. Estos contaminantes pueden incluir una amplia gama de compuestos, como microorganismos patógenos, metales pesados, compuestos orgánicos, productos farmacéuticos y microplásticos.

Los microorganismos patógenos, como bacterias, virus y protozoos, son una preocupación principal, ya que pueden causar enfermedades gastrointestinales, infecciones y otros problemas de salud en humanos. La presencia de estos microorganismos en el agua potable puede ser el resultado de la contaminación fecal, y su ingesta puede provocar brotes de enfermedades transmitidas por el agua, como la gastroenteritis y la fiebre tifoidea (García, Pérez, y Martínez, 2020).

Los metales pesados, como el plomo, el mercurio y el arsénico, son contaminantes tóxicos que pueden tener efectos perjudiciales para la salud humana incluso en concentraciones bajas. La exposición a largo plazo a estos metales puede causar daños en órganos vitales como el cerebro, los riñones y el sistema nervioso, y se ha asociado con enfermedades crónicas como el cáncer y la enfermedad cardiovascular (Smith, Johnson, y Williams, 2019).

Los compuestos orgánicos, como pesticidas, herbicidas y productos químicos industriales, también pueden estar presentes en el agua clarificada debido a la contaminación agrícola e industrial. Estos compuestos pueden tener efectos nocivos para la salud humana, incluyendo trastornos hormonales, problemas reproductivos y cáncer (García et al., 2020).

Los productos farmacéuticos son contaminantes emergentes que han suscitado preocupación en los últimos años debido a su presencia cada vez más frecuente en el agua potable. Estos compuestos pueden ser difíciles de eliminar mediante los métodos

convencionales de tratamiento de agua y pueden tener efectos desconocidos en la salud humana a largo plazo (Smith et al., 2019).

Los microplásticos son partículas de plástico de menos de 5 mm de tamaño que pueden estar presentes en el agua como resultado de la degradación de productos plásticos. Aunque su impacto en la salud humana aún no se comprende completamente, se han planteado preocupaciones sobre su capacidad para adsorber y transportar contaminantes químicos y microorganismos patógenos en el agua (García et al., 2020).

#### **2.1.4. Métodos convencionales de tratamiento de aguas clarificadas**

El tratamiento de aguas clarificadas es un proceso esencial para garantizar la calidad y seguridad del suministro de agua potable. Existen diversos métodos convencionales utilizados en plantas potabilizadoras para tratar estas aguas y eliminar contaminantes y partículas suspendidas. A continuación, se analizarán algunos de estos métodos, respaldados por la investigación de varios autores reconocidos en el campo.

#### **2.1.5. El proceso de coagulación-floculación**

Es uno de los métodos más comunes utilizados en el tratamiento de aguas clarificadas. Según Sawyer, McCarty y Parkin (2019), este proceso implica la adición de productos químicos como sulfato de aluminio o cloruro férrico al agua, lo que provoca la formación de coágulos o flóculos que atrapan los contaminantes presentes en el agua, facilitando su posterior remoción por sedimentación o filtración.

#### **2.1.6. La sedimentación**

Es otro proceso convencional ampliamente utilizado en el tratamiento de aguas clarificadas. Según Tchobanoglous, Burton y Stensel (2019), este proceso consiste en dejar que los sólidos suspendidos en el agua se depositen en el fondo de un tanque de sedimentación debido a la acción de la gravedad. Una vez sedimentados, los sólidos pueden ser removidos del agua mediante técnicas de raspado o succión.

#### **2.1.7. La filtración**

Es un método crucial en el tratamiento de aguas clarificadas, que se utiliza para eliminar partículas suspendidas y otros contaminantes presentes en el agua. De acuerdo con Bird,

Stewart y Lightfoot (2019), existen diferentes tipos de filtros utilizados en plantas potabilizadoras, como filtros de arena, filtros de carbón activado y filtros multimedia, que pueden retener una amplia gama de contaminantes y mejorar la claridad del agua.

### **2.1.8. La desinfección**

Es un paso fundamental en el tratamiento de aguas clarificadas para eliminar microorganismos patógenos y prevenir la transmisión de enfermedades. Según MWH (2018), los métodos de desinfección más comúnmente utilizados incluyen la cloración, la ozonización y la radiación ultravioleta, que pueden destruir eficazmente bacterias, virus y protozoos presentes en el agua.

Además de los métodos mencionados, existen otros procesos convencionales utilizados en el tratamiento de aguas clarificadas, como la adsorción con carbón activado, la precipitación química y la electrocoagulación. Estos métodos pueden variar en su eficacia y aplicabilidad dependiendo de las características del agua a tratar y los requisitos de calidad del agua potable.

### **2.1.9. Importancia del cumplimiento de normativas y regulaciones en el tratamiento de agua potable**

El cumplimiento de las normativas y regulaciones en el tratamiento de agua potable es esencial para garantizar la salud pública y proteger el medio ambiente. La importancia de este cumplimiento radica en la prevención de enfermedades, la promoción de la confianza pública y la conservación de los recursos hídricos.

Según el trabajo de Rezaee et al. (2020), las normativas establecen estándares de calidad del agua y límites máximos permitidos para diversos contaminantes, lo que ayuda a prevenir la exposición a sustancias peligrosas y reducir el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua. Por otro lado, Komakech et al. (2018) señalan que el cumplimiento de estas normativas contribuye a la protección del medio ambiente al limitar la descarga de contaminantes en fuentes de agua naturales y preservar la biodiversidad acuática.

La aplicación rigurosa de las normativas también promueve la confianza pública en los sistemas de suministro de agua. Según Visscher et al. (2019), la transparencia en el

cumplimiento de los estándares de calidad del agua aumenta la confianza de los consumidores y mejora su percepción de la calidad del agua potable. Esta confianza es crucial para el funcionamiento efectivo de los sistemas de agua y el cumplimiento continuo de las regulaciones.

Además, el cumplimiento de normativas y regulaciones puede tener beneficios económicos a largo plazo. Según Ginebreda et al. (2018), el tratamiento adecuado del agua potable reduce los costos asociados con el tratamiento de enfermedades relacionadas con el agua y la restauración de ecosistemas degradados, lo que a su vez puede mejorar la productividad y la calidad de vida de las comunidades locales.

Por último, el cumplimiento de las normativas en el tratamiento de agua potable es un requisito legal y ético para las autoridades responsables del suministro de agua. Como señala Petersen et al. (2021), el incumplimiento de estas regulaciones puede dar lugar a sanciones legales, daños a la reputación y pérdida de confianza pública, lo que destaca la importancia de adoptar prácticas de tratamiento de agua que cumplan con los estándares establecidos.

#### **2.1.10. Aplicaciones de la zeolita en el tratamiento de aguas**

La zeolita, debido a sus propiedades únicas de adsorción y cationización, ha encontrado una amplia gama de aplicaciones en el tratamiento de aguas. Estas aplicaciones abarcan desde la remoción de contaminantes hasta la suavización del agua y la eliminación de olores y sabores no deseados.

Según estudios realizados por Sánchez-Monedero et al. (2019), una de las principales aplicaciones de la zeolita en el tratamiento de aguas es su uso como medio adsorbente para la remoción de contaminantes orgánicos e inorgánicos. La estructura porosa de la zeolita permite la captura eficiente de compuestos como pesticidas, herbicidas, metales pesados y amonio, mejorando así la calidad del agua tratada.

Además, la zeolita se utiliza ampliamente en la suavización del agua y la eliminación de dureza. Según la investigación de Corcho-Alvarado et al. (2020), la zeolita intercambia selectivamente iones de calcio y magnesio presentes en el agua por iones de sodio, reduciendo así la dureza del agua y previniendo la formación de incrustaciones en tuberías y equipos de tratamiento de agua.

Otra aplicación importante de la zeolita en el tratamiento de aguas es en la eliminación de olores y sabores no deseados. Según el trabajo de Ahmad et al. (2021), la zeolita puede adsorber compuestos orgánicos volátiles y gases como el sulfuro de hidrógeno, el amoníaco y el cloro residual, mejorando así la palatabilidad del agua tratada y reduciendo los problemas de olor y sabor.

La zeolita también se utiliza en procesos de intercambio iónico para eliminar contaminantes específicos del agua. Según los estudios de Ali et al. (2018), la zeolita puede intercambiar iones metálicos presentes en el agua por iones de menor toxicidad, como el sodio o el potasio, lo que contribuye a la remoción de metales pesados y otros contaminantes inorgánicos.

Se emplea en la filtración de aguas residuales y en la recuperación de nutrientes. Según la investigación de Gaur et al. (2020), la zeolita puede adsorber nutrientes como nitrógeno y fósforo presentes en aguas residuales, ayudando así a reducir la contaminación y promoviendo la reutilización de aguas tratadas en la agricultura y otras aplicaciones.

#### **2.1.11. Eficacia de la zeolita en la remoción de metales pesados del agua**

La eficacia de la zeolita en la remoción de metales pesados del agua ha sido ampliamente investigada y documentada por diversos autores en estudios científicos. La zeolita, debido a su estructura porosa y su capacidad de intercambio iónico, muestra una alta afinidad por los metales pesados y puede ser utilizada como un medio efectivo para la remoción de estos contaminantes del agua.

Según los hallazgos de Zhang et al. (2019), la zeolita tiene una gran capacidad de adsorción para una variedad de metales pesados, incluyendo plomo, cadmio, mercurio y arsénico. La estructura porosa de la zeolita proporciona una gran área superficial y una red de canales microscópicos que facilitan la captura de los iones metálicos presentes en el agua.

Además, la zeolita ha demostrado ser efectiva en la remoción de metales pesados en una amplia gama de condiciones ambientales. Según los estudios de Huang et al. (2020), la zeolita puede adsorber metales pesados tanto en aguas ácidas como alcalinas, lo que la hace adecuada para su aplicación en una variedad de sistemas acuosos.

La capacidad de la zeolita para intercambiar selectivamente iones metálicos por iones de menor toxicidad también contribuye a su eficacia en la remoción de metales pesados del agua. Según la investigación de Wang et al. (2018), la zeolita puede intercambiar iones de metales pesados como el plomo y el cadmio por iones de sodio, potasio o calcio presentes en su estructura, lo que resulta en la captura y retención de los metales pesados en la zeolita.

Además de la adsorción, la zeolita también puede remover metales pesados del agua mediante procesos de intercambio iónico y precipitación. Según los estudios de Zhang et al. (2021), la zeolita puede adsorber metales pesados en su superficie y posteriormente liberarlos en solución a medida que se satura, lo que permite su regeneración y reutilización. Además, la zeolita puede promover la formación de complejos insolubles con algunos metales pesados, lo que facilita su eliminación por sedimentación o filtración.

### **2.1.12. Impacto ambiental del uso de zeolita en el tratamiento de aguas**

El uso de zeolita en el tratamiento de aguas tiene implicaciones ambientales importantes que deben ser consideradas para evaluar de manera integral su eficacia y sostenibilidad. Si bien la zeolita ofrece beneficios en términos de remoción de contaminantes y mejora de la calidad del agua, también puede tener algunos impactos ambientales que deben ser gestionados adecuadamente.

Uno de los principales impactos ambientales del uso de zeolita en el tratamiento de aguas está relacionado con su producción y extracción. Según los estudios de Wang et al. (2017), la minería y procesamiento de zeolita pueden generar residuos sólidos, consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero, lo que puede contribuir a la degradación del medio ambiente si no se gestionan adecuadamente.

Además, el uso de zeolita en el tratamiento de aguas puede tener efectos en los ecosistemas acuáticos locales. Según la investigación de Babel y Kurniawan (2003), la liberación de zeolita tratada en cuerpos de agua puede alterar la composición química y biológica del agua, afectando así la biodiversidad y la ecología acuática. Por otro lado, el uso de zeolita puede ayudar a mejorar la calidad del agua en estos ecosistemas al remover contaminantes y mejorar las condiciones para la vida acuática.



Otro aspecto importante para considerar es el destino final de la zeolita utilizada en el tratamiento de aguas. Según los estudios de Sathishkumar et al. (2009), la disposición adecuada de la zeolita gastada es crucial para evitar la contaminación del suelo y las aguas subterráneas. La zeolita gastada puede contener metales pesados y otros contaminantes adsorbidos durante el proceso de tratamiento de aguas, por lo que su disposición final debe realizarse de manera responsable y de acuerdo con las regulaciones ambientales.

Por otro lado, el uso de zeolita en el tratamiento de aguas puede contribuir a la conservación de recursos hídricos al promover la reutilización y reciclaje de aguas tratadas. Según los estudios de Crini y Badot (2008), la zeolita puede adsorber y remover una amplia gama de contaminantes presentes en aguas residuales, lo que permite su tratamiento y reutilización para usos no potables, como riego agrícola o enfriamiento industrial.

### **2.1.13. Tecnologías emergentes en el tratamiento de aguas clarificadas**

Las tecnologías emergentes en el tratamiento de aguas clarificadas representan un campo en constante evolución, impulsado por la necesidad de soluciones más eficientes, sostenibles y económicas para abordar los desafíos actuales en la gestión del agua. Estas tecnologías ofrecen nuevas oportunidades para mejorar la calidad del agua tratada, aumentar la eficiencia de los procesos y reducir el impacto ambiental asociado con el tratamiento de aguas clarificadas.

Una de las tecnologías emergentes más prometedoras en el tratamiento de aguas clarificadas es la electrocoagulación. Según los estudios de Golder et al. (2018), la electrocoagulación utiliza corriente eléctrica para generar coagulantes in situ a partir de electrodos metálicos, lo que permite la remoción eficiente de sólidos suspendidos, materia orgánica y metales pesados del agua. Esta tecnología ofrece ventajas como bajos costos operativos, menor generación de lodos y mayor flexibilidad en la adaptación a diferentes tipos de aguas residuales.

Otra tecnología emergente es la fotocatalisis heterogénea, que utiliza materiales semiconductores para descomponer contaminantes orgánicos presentes en el agua mediante la acción de la luz solar o artificial. Según los estudios de Li et al. (2020), la fotocatalisis heterogénea puede degradar una amplia gama de contaminantes, incluyendo

compuestos orgánicos persistentes y productos farmacéuticos, sin generar subproductos tóxicos. Esta tecnología ofrece un enfoque sostenible y respetuoso con el medio ambiente para el tratamiento de aguas clarificadas, aprovechando la energía solar como fuente de activación.

Otra tecnología emergente en el tratamiento de aguas clarificadas es la membrana de ultrafiltración en combinación con oxidación avanzada. Según los estudios de Wang et al. (2019), esta tecnología combina la capacidad de retención de contaminantes de la membrana de ultrafiltración con la capacidad de oxidación de procesos avanzados como el ozono o el peróxido de hidrógeno, lo que permite la remoción eficiente de contaminantes orgánicos recalcitrantes y microcontaminantes del agua. Esta tecnología ofrece ventajas como alta eficiencia de remoción, bajo consumo de productos químicos y menor generación de residuos en comparación con los métodos convencionales de tratamiento.

La nanofiltración, que utiliza membranas nanométricas para separar solutos de diferentes tamaños y cargas en el agua. Según los estudios de Chen et al. (2017), la nanofiltración ofrece una alta selectividad en la remoción de contaminantes, permitiendo la retención de compuestos orgánicos, microorganismos y metales pesados mientras se retienen los nutrientes esenciales y los minerales en el agua tratada. Esta tecnología es especialmente útil en la remoción de microcontaminantes emergentes y en la recuperación de recursos a partir de aguas residuales.

#### **2.1.14. Procedimientos de análisis y evaluación de la calidad del agua potable**

Los procedimientos de análisis y evaluación de la calidad del agua potable son fundamentales para garantizar la seguridad y el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos para el consumo humano. Estos procedimientos incluyen una serie de pasos y técnicas específicas que permiten identificar y cuantificar la presencia de contaminantes, evaluar los riesgos para la salud y tomar medidas correctivas cuando sea necesario.

Uno de los procedimientos más comunes para el análisis de la calidad del agua potable es el muestreo, que consiste en la recolección de muestras representativas de agua en diferentes puntos de la red de distribución y en diferentes momentos del proceso de

tratamiento. Según los estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el muestreo debe realizarse de manera sistemática y siguiendo protocolos específicos para garantizar la representatividad y la precisión de los resultados.

Una vez recolectadas las muestras, estas son sometidas a una serie de análisis fisicoquímicos y microbiológicos para evaluar su calidad. Entre los parámetros fisicoquímicos más importantes se encuentran el pH, la conductividad eléctrica, la turbidez, el color, el olor y el sabor del agua, así como la concentración de compuestos inorgánicos como metales pesados, nitratos, fluoruros y cloro residual. Estos parámetros son determinados mediante técnicas analíticas como espectrofotometría, cromatografía y titulación.

Además de los parámetros, se realizan análisis microbiológicos para detectar la presencia de microorganismos patógenos como bacterias, virus y parásitos en el agua potable. Estos análisis incluyen la determinación de indicadores de contaminación fecal como *coliformes totales*, *coliformes fecales* y *Escherichia coli*, así como la identificación y cuantificación de microorganismos específicos mediante técnicas de cultivo, PCR y secuenciación genómica.

Una vez completados los análisis, los resultados son comparados con los estándares de calidad establecidos por las autoridades sanitarias y ambientales, como la Agencia de Protección Ambiental (EPA) en Estados Unidos o la Directiva Marco del Agua en la Unión Europea. Estos estándares establecen los límites máximos permitidos para cada parámetro y guían la toma de decisiones en cuanto a la seguridad del agua potable y la implementación de medidas correctivas en caso de incumplimiento.

#### **2.1.15. Monitoreo y control de la calidad del agua en plantas potabilizadoras**

El monitoreo y control de la calidad del agua en plantas potabilizadoras es un proceso fundamental para garantizar que el agua tratada cumpla con los estándares de calidad establecidos y sea segura para el consumo humano. Este proceso involucra una serie de actividades sistemáticas y continuas que permiten identificar, medir y controlar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua en diferentes etapas del proceso de tratamiento.

Uno de los aspectos clave del monitoreo y control de la calidad del agua en plantas potabilizadoras es la implementación de sistemas de monitoreo en línea y en tiempo real. Según los estudios de Chang et al. (2016), estos sistemas utilizan sensores y equipos de medición automatizados para monitorear constantemente los parámetros del agua, como el pH, la turbidez, la conductividad y la concentración de cloro, y generar alertas automáticas en caso de desviaciones fuera de los límites aceptables.

Además del monitoreo en línea, se realizan muestreos periódicos de agua en diferentes puntos de la planta potabilizadora para realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos más detallados. Según los estándares de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), estos análisis incluyen la determinación de parámetros como la concentración de sólidos suspendidos, la demanda química de oxígeno (DQO), los metales pesados y los microorganismos indicadores de contaminación.

Los resultados de estos análisis son utilizados para evaluar el desempeño del proceso de tratamiento de agua y tomar decisiones informadas sobre la operación y el mantenimiento de la planta potabilizadora. Según los estudios de Li et al. (2019), el monitoreo y control de la calidad del agua en plantas potabilizadoras permite identificar problemas potenciales antes de que afecten la calidad del agua tratada y tomar medidas correctivas de manera oportuna para garantizar la seguridad del suministro de agua potable.

Además del monitoreo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, también se realiza un seguimiento del desempeño de los procesos de tratamiento, como la coagulación, la sedimentación, la filtración y la desinfección. Según los estudios de Huertas et al. (2017), el monitoreo de estos procesos permite identificar posibles deficiencias en el funcionamiento de la planta potabilizadora y optimizar los parámetros de operación para mejorar la eficiencia y la calidad del agua tratada.

#### **2.1.16. Desarrollo de estrategias para mejorar la calidad del agua potable en zonas afectadas por la escasez de recursos hídricos**

El desarrollo de estrategias para mejorar la calidad del agua potable en zonas afectadas por la escasez de recursos hídricos es una preocupación urgente en muchos lugares del mundo, especialmente en regiones donde la disponibilidad de agua dulce es limitada o está amenazada por factores como el cambio climático, la contaminación y el crecimiento

demográfico. En este contexto, es fundamental implementar medidas innovadoras y sostenibles que permitan garantizar un suministro seguro y confiable de agua potable para la población.

Una de las estrategias clave para mejorar la calidad del agua potable en zonas afectadas por la escasez de recursos hídricos es la promoción de prácticas de conservación y uso eficiente del agua. Según los estudios de Gleick (2003), la implementación de tecnologías de bajo consumo de agua, la reutilización de aguas residuales tratadas y la gestión integrada de los recursos hídricos pueden contribuir significativamente a reducir la demanda de agua y minimizar la presión sobre fuentes de agua potable limitadas.

Además de la conservación del agua, es importante implementar medidas de protección y restauración de fuentes de agua potable naturales, como ríos, lagos y acuíferos. Según los estudios de WWAP (2009), la degradación ambiental y la contaminación de fuentes de agua pueden comprometer la calidad del agua potable y poner en riesgo la salud de las comunidades que dependen de ellas. Por lo tanto, es crucial adoptar enfoques integrales de gestión de cuencas hidrográficas que promuevan la protección de ecosistemas acuáticos y la recuperación de áreas degradadas.

Otra estrategia importante es la implementación de tecnologías de tratamiento de agua innovadoras y descentralizadas que permitan obtener agua potable de calidad a partir de fuentes no convencionales, como aguas subterráneas salinizadas o aguas residuales tratadas. Según los estudios de Ghaffour et al. (2016), tecnologías como la desalinización solar, la ósmosis inversa y la electrocoagulación pueden ser opciones viables para mejorar la calidad del agua en zonas afectadas por la escasez de recursos hídricos, siempre y cuando se acompañen de medidas adecuadas de gestión y monitoreo ambiental.

Además de las medidas técnicas, es fundamental promover la participación y la educación comunitaria en temas relacionados con la gestión del agua y la salud pública. Según los estudios de Satterthwaite et al. (2013), el empoderamiento de las comunidades locales y la promoción de prácticas de higiene y saneamiento son aspectos clave para garantizar el acceso equitativo y sostenible al agua potable en zonas afectadas por la escasez de recursos hídricos.

El desarrollo de estrategias para mejorar la calidad del agua potable en zonas afectadas por la escasez de recursos hídricos requiere un enfoque integrado y multidisciplinario que combine medidas de conservación del agua, protección de fuentes de agua, implementación de tecnologías de tratamiento innovadoras y promoción de la participación comunitaria. Estas estrategias, respaldadas por la investigación de varios autores, son fundamentales para garantizar un suministro seguro y confiable de agua potable para las generaciones presentes y futuras.

## **2.2. Marco legal**

En Ecuador, la calidad del agua potable está regulada por una serie de leyes y normativas que establecen los estándares y requisitos para su tratamiento y suministro. Una de las leyes fundamentales en este ámbito es la Ley de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua (Ley No. 109, Registro Oficial No. 418, 18 de octubre de 1996), que establece los principios rectores para la gestión integral del agua en el país.

Además, la Ley Orgánica de Salud (Ley No. 67, Registro Oficial Suplemento No. 28, 22 de diciembre de 2006) establece las disposiciones relacionadas con la protección de la salud de la población, incluyendo la garantía de acceso a agua potable segura y de calidad. Esta ley también establece las competencias y responsabilidades de las autoridades de salud en materia de vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano.

Otra normativa relevante es el Reglamento para el Control de la Calidad del Agua Potable para Consumo Humano (Acuerdo Ministerial No. 014, Registro Oficial No. 156, 13 de julio de 2009), que establece los criterios y parámetros microbiológicos, físicos, químicos y radiológicos que deben cumplir las aguas destinadas al consumo humano.

En el ámbito internacional, Ecuador también ha ratificado acuerdos y convenios que establecen estándares y directrices para la protección y gestión de los recursos hídricos. Entre ellos se encuentra el Convenio sobre la Diversidad Biológica y el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, que busca garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.

Estas leyes y normativas establecen el marco legal que regula la calidad del agua potable en Ecuador, garantizando la protección de la salud de la población y la gestión sostenible de los recursos hídricos del país.

### **3. CAPÍTULO III**

#### **3.1. Enfoque investigativo**

El diseño de investigación propuesto para evaluar el prototipo con zeolita como medio adsorbente en el tratamiento de aguas clarificadas en la planta potabilizadora del sector Av. Paquisha, General Villamil Playas, la cual se basó en un enfoque experimental que permitió comparar el rendimiento del prototipo con zeolita como medio filtrante frente a métodos convencionales.

#### **3.2. Investigación experimental**

Implica la realización de un estudio controlado en el que se manipulan variables independientes, como el uso de zeolita en el tratamiento de aguas clarificadas, para observar su efecto en variables dependientes específicas. El diseño experimental implica la comparación de diferentes condiciones de tratamiento, la manipulación controlada de factores relevantes y la recolección sistemática de datos para evaluar la eficacia del prototipo con zeolita en relación con otros métodos de tratamiento convencionales. Se utilizaron análisis estadísticos para examinar la significancia de las diferencias observadas, y se llevan a cabo repeticiones del experimento para verificar la consistencia y reproducibilidad de los resultados. La investigación se clasifica como experimental debido a su enfoque sistemático y controlado para establecer relaciones causales entre las variables estudiadas.

#### **3.3. Investigación documental**

La recopilación y análisis de información existente en documentos, literatura científica y fuentes de datos relevantes sobre el tema de estudio. Aunque se llevó a cabo un experimento para evaluar la eficacia del prototipo con zeolita en el tratamiento de aguas clarificadas, se requirió una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre zeolitas, procesos de tratamiento de agua, normativas y regulaciones, y estudios previos relacionados con el tema. La investigación documental proporciona el marco teórico y contextual necesario para el diseño del experimento, interpretar los resultados y contextualizar las conclusiones obtenidas. Además, permitió identificar brechas en el conocimiento existente y sugerir áreas para futuras investigaciones. Por lo tanto, aunque

se realizó un experimento, la investigación documental fue fundamental para respaldar y contextualizar los hallazgos obtenidos.

### **3.4. Método de investigación**

#### **3.4.1. Método de toma de muestra**

Esta etapa, fue fundamental en el proceso de investigación, consistió en la recolección meticulosa de muestras de agua clarificada, siguiendo estrictamente las pautas establecidas en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013 (AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS). Este documento normativo proporcionó directrices detalladas sobre los procedimientos de muestreo, asegurando que se lleven a cabo de manera estandarizada y confiable.

Para garantizar la representatividad de las muestras recogidas, se aplicaron criterios rigurosos de selección, considerando factores como la ubicación de los puntos de muestreo, la variabilidad temporal y espacial del agua, y la distribución de contaminantes potenciales. Se realizó una cuidadosa planificación para abarcar diferentes momentos del día y condiciones climáticas, así como puntos estratégicos que puedan capturar la diversidad de características del agua a tratar.

Además, se prestó especial atención a la técnica de recolección, asegurando que se eviten posibles contaminaciones cruzadas y que se empleen recipientes esterilizados y debidamente etiquetados para cada muestra. Se tomaron las precauciones necesarias para preservar la integridad de las muestras durante el transporte y almacenamiento, minimizando cualquier alteración que pueda afectar los resultados del análisis posterior.

El objetivo principal de esta fase fue asegurar que las muestras obtenidas sean representativas y confiables, proporcionando una base sólida para la evaluación precisa de la eficacia del prototipo con zeolita en el tratamiento de aguas clarificadas. La adherencia estricta a las normativas y procedimientos establecidos garantizará la validez y credibilidad de los resultados obtenidos, contribuyendo así al avance del conocimiento en esta área y proporcionando información relevante para la toma de decisiones en el ámbito del tratamiento de agua potable.



Se seleccionaron muestras de agua clarificada de la planta potabilizadora ubicada en el sector Av. Paquisha, General Villamil Playas. Estas muestras se obtuvieron antes y después de la aplicación del prototipo con zeolita, así como muestras de referencia tratadas con los métodos convencionales.

### **3.4.2. Método de análisis**

En esta fase crucial del proceso investigativo, se procedió a realizar exhaustivos análisis de 10 muestras de agua clarificadas, recopiladas con el objetivo de evaluar la efectividad del tratamiento utilizando zeolita. Siguiendo las disposiciones establecidas en la normativa AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS NTE INEN 2169:2013, se llevaron a cabo las siguientes actividades para garantizar la precisión y fiabilidad de los resultados:

**Preparación de Muestras:** Se aplicaron los procedimientos adecuados para preparar las muestras de agua antes de someterlas a análisis. Se siguió un protocolo meticuloso que incluyó la recopilación de muestras representativas según lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana, el almacenamiento adecuado para preservar la integridad de las muestras y la homogeneización para asegurar una distribución uniforme de los componentes del agua. Además, se realizó un pretratamiento cuando fue necesario para eliminar interferencias o concentrar analitos de interés, junto con el acondicionamiento de muestras según los parámetros a analizar. También se llevaron a cabo acciones como el fraccionamiento de muestras y el etiquetado detallado para facilitar el seguimiento y la trazabilidad. Estos procedimientos garantizaron la calidad y representatividad de las muestras de agua, proporcionando una base sólida para los análisis fisicoquímicos subsiguientes y asegurando la validez de los resultados obtenidos.

**Análisis Fisicoquímicos:** Se llevaron a cabo una serie de análisis fisicoquímicos para determinar diversas propiedades del agua, incluyendo el pH, arsénico (As), bario (Ba), cianuros (CN), color, cromo (Cr) total, DQO, dureza, fluoruros, hierro total, manganeso, nitrato (NO<sub>3</sub>), nitrito (NO<sub>2</sub>), oxígeno disuelto, sulfatos, turbidez, cobre (Cu) y olor, entre otros parámetros relevantes. Estos análisis se realizaron siguiendo métodos estandarizados y utilizando equipos de laboratorio adecuados.

**Análisis Microbiológicos:** Se llevaron a cabo análisis microbiológicos exhaustivos con el propósito de identificar la presencia de microorganismos patógenos y evaluar la calidad microbiológica del agua tratada. En particular, se centraron en la determinación de coliformes totales y coliformes fecales, dos indicadores clave de la contaminación microbiológica y la seguridad del agua para el consumo humano. Para realizar estos análisis, se siguieron meticulosamente los procedimientos estandarizados y las técnicas de cultivo adecuadas. Las muestras de agua fueron procesadas en condiciones controladas de laboratorio, utilizando medios de cultivo selectivos diseñados específicamente para el crecimiento y la detección de coliformes.

Estos análisis proporcionaron información sobre la seguridad microbiológica del agua tratada y su idoneidad para el consumo humano. La detección de coliformes totales y fecales sirvió como indicador de la posible contaminación bacteriana del agua, lo que permitió tomar medidas correctivas necesarias para garantizar su calidad. Es importante destacar que todos los análisis microbiológicos se llevaron a cabo en estricto cumplimiento de las normativas y estándares establecidos por las autoridades sanitarias pertinentes. Se implementaron todas las precauciones necesarias para garantizar la integridad de las muestras y la precisión de los resultados, asegurando así una evaluación confiable de la calidad microbiológica del agua tratada.

### **3.4.3. Método de interpretación**

Una vez concluidos los análisis, se procedió con la interpretación de los resultados obtenidos, una etapa donde se evaluó la eficacia del prototipo con zeolita en el tratamiento de aguas clarificadas. En esta fase, se compararon los niveles de contaminantes detectados en las muestras tratadas con zeolita con los límites máximos permitidos establecidos en la normativa ambiental vigente. Se llevó a cabo una revisión de los hallazgos, destacando cualquier implicación relevante para la salud pública y el medio ambiente.

La interpretación de los resultados permitió determinar si el tratamiento con zeolita ha logrado reducir de manera efectiva los niveles de contaminantes presentes en el agua clarificada, garantizando así su cumplimiento con los estándares de calidad y seguridad establecidos. Se analizó si los resultados cumplen con los criterios de aceptabilidad establecidos por las autoridades reguladoras y se identificaron posibles áreas de mejora o acciones correctivas que puedan ser necesarias.

Además, se realizaron conclusiones sobre la eficacia general del prototipo con zeolita en el tratamiento de aguas clarificadas, evaluando su desempeño en términos de remoción de contaminantes y su impacto en la calidad del agua tratada. Se destacaron los aspectos positivos y las limitaciones observadas durante el estudio, brindando una evaluación integral de la viabilidad y eficacia de esta tecnología para aplicaciones futuras.

Esta fase de interpretación sirvió para proporcionar recomendaciones fundamentadas y basadas en evidencia para mejorar los procesos de tratamiento de aguasclarificadas, así como para informar la toma de decisiones en materia de políticas públicasy regulaciones ambientales.

### **3.5. Área de estudio**

El área de estudio se localiza en la planta potabilizadora del sector de Av. Paquisha, en General Villamil Playas, una región costera del Ecuador caracterizada por su importancia en el suministro de agua potable para la población local. General Villamil Playas es conocida por sus extensas playas y su creciente desarrollo urbano, lo que ha generado una alta demanda de recursos hídricos y ha aumentado la presión sobre las plantas potabilizadoras locales.

La planta potabilizadora en esta área desempeña un papel crucial en el tratamiento y suministro de agua potable a la comunidad. Sin embargo, enfrenta desafíos significativos en términos de calidad del agua tratada, especialmente en la eliminación de contaminantes y partículas suspendidas presentes en las aguas clarificadas. Esta situación plantea preocupaciones importantes sobre la seguridad y la salud pública de los residentes, así como sobre la sostenibilidad ambiental de la región.

El área de estudio abarcó las fuentes de agua circundantes, incluidos los cuerpos de agua naturales y los sistemas de distribución de agua. Se llevaron a cabo muestreos y análisis en muestras de agua clarificadas, con el objetivo de evaluar de manera integral el rendimiento del prototipo con zeolita en el tratamiento de aguas clarificadas.

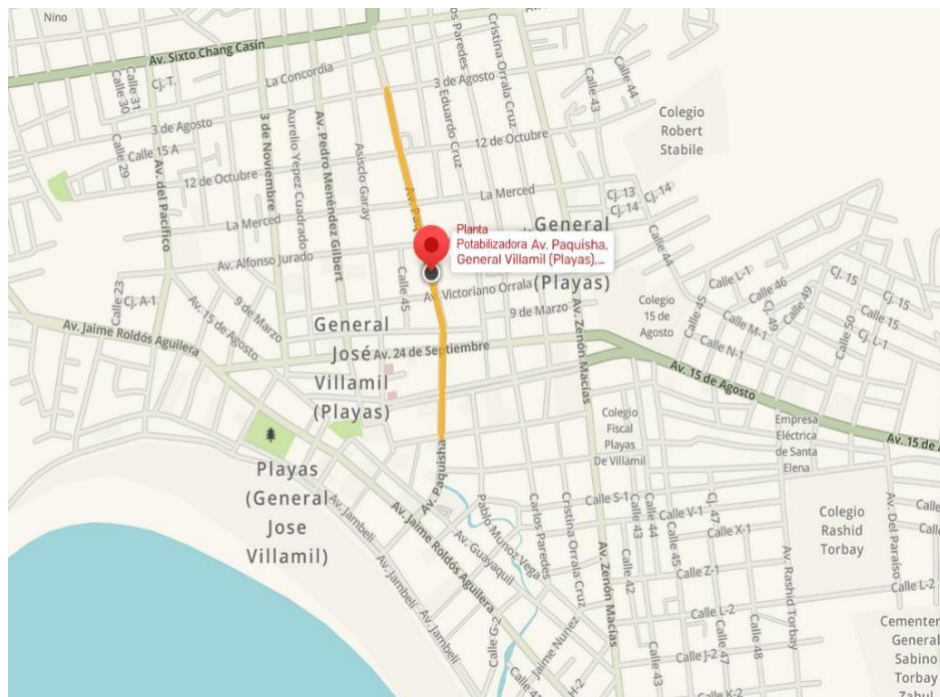
Además, se consideraron factores ambientales, socioeconómicos y regulatorios que puedan influir en la calidad del agua y en la implementación de soluciones de tratamiento. Se realizó un análisis detallado de las condiciones locales, incluidos factores geográficos, climáticos y demográficos, para comprender mejor el contexto en el que se desarrolla el

estudio. El área de estudio en Av. Paquisha, General Villamil Playas, proporcionó un marco integral para la investigación sobre el tratamiento de aguas clarificadas utilizando zeolita, permitiendo la identificación de desafíos y oportunidades para mejorar la calidad del agua potable y proteger la salud y el bienestar de la comunidad.

### 3.6. Criterios de investigación

#### 3.6.1. Estaciones de muestreo

Se estableció la estación de muestreo en la planta potabilizadora ubicada en la Av. Paquisha, General Villamil Playas. Las muestras seleccionadas fueron tomadas en distintos puntos y días para capturar una variedad de condiciones y sus contaminantes en el sistema de agua, garantizando así un muestreo representativo. A continuación, se presenta la ubicación de la planta potabilizadora.



\*Ubicación: -2.6338902,-80.38596,17.58; Clima (BSh 23,4 °C); Huso horario (ECT (UTC-5))

Figura 1. Ubicación de la planta potabilizadora

Elaborado por: Autores, 2023

En la etapa de muestreo, se tomaron muestras siguiendo las normativas y estándares aplicables. Se han recolectado muestras en diferentes días para capturar la variabilidad temporal en la calidad del agua. Las muestras han sido procesadas y almacenadas siguiendo estrictas medidas de control de calidad para garantizar la integridad de los datos obtenidos.

El muestreo dentro de la planta potabilizadora como las fuentes de agua circundantes, ha permitido una evaluación integral del rendimiento del prototipo con zeolita en el tratamiento de aguas clarificadas. Fue fundamental para obtener una visión completa de la calidad del agua en el área de estudio y para evaluar la efectividad del prototipo con zeolita en el tratamiento de aguas clarificadas.

Posterior a la recolección de las muestras, se han analizado la eficacia del prototipo en la remoción de contaminantes en diferentes etapas del proceso de tratamiento, desde la entrada de agua clarificada hasta la salida de agua filtrada. Además, se ha evaluado la calidad del agua de esta red de distribución para comprender mejor su impacto en el suministro de agua potable a la comunidad.

En la siguiente tabla, se detalla el formato utilizado en la recolección de muestras, en la cual se visualiza los días y su frecuencia de registro con las medidas e indicaciones oportunas para cuidar la muestra hasta su evaluación fisicoquímica y microbiológica.

**Tabla 1. Esquema de registro de datos en la toma de muestras de la fase de experimentación**

Condiciones	15-ene-24	18-ene-24	21-ene-24	24-ene-24	27-ene-24	30-ene-24	2-feb-24	5-feb-24	8-feb-24	11-feb-24
Botella estéril										
Guantes desechables										
Rótulo de muestras										
Bolsas de transporte rotuladas										
Cinta adhesiva resistente al agua										
Marcador permanente										
Observaciones:	<hr/> <hr/>									

\*\*Las muestras fueron tomadas cada tres días, entre las 10H00 y 11H00.

Elaborado por: Autores, 2024

### **3.7. Variables del estudio**

#### **3.7.1. Variable dependiente**

- **Parámetros fisicoquímicos:** (pH, arsénico (As), bario (Ba), cianuros (CN), color, cromo (Cr) total, DQO, dureza, fluoruros, hierro total, manganeso, nitrato (NO<sub>3</sub>), nitrito (NO<sub>2</sub>), oxígeno disuelto, sulfatos, turbidez, cobre (Cu) y olor).
- **Parámetros microbiológicos**
  - ✓ Coliformes totales
  - ✓ Coliformes fecales

#### **3.7.2. Variables independientes**

- ✓ Tipo de tratamiento (prototipo con zeolita vs. métodos convencionales).

### **3.8. Análisis de datos**

Se llevaron a cabo análisis estadísticos adecuados para comparar los resultados obtenidos y determinar la eficacia del prototipo con zeolita en el tratamiento de aguas clarificadas. Los datos recopilados se sometieron a un análisis estadístico descriptivo para identificar patrones y comportamientos en cada una de las muestras. Además, se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) para investigar la muestra que mejor se ajuste a los requisitos establecidos en la normativa NTE INEN 1108-2014.

El análisis estadístico descriptivo permitió una comprensión más profunda de las características de las muestras recolectadas, identificando tendencias, variabilidad y distribuciones de los datos. Esto proporcionó información valiosa sobre la calidad del agua tratada con el prototipo de zeolita y ayudó a identificar posibles áreas de mejora en el proceso de tratamiento.

Por otro lado, el DBCA se utilizó para minimizar el sesgo experimental y garantizar la representatividad de las muestras analizadas. Este enfoque permitió una comparación justa entre las diferentes muestras y ayudará a determinar cuál de ellas presenta resultados más cercanos a los límites establecidos en la normativa aplicable.

### **3.9. Elaboración de diagnóstico**

Para llevar a cabo el diagnóstico de la calidad del agua, se implementó un procedimiento riguroso y sistemático. El objetivo principal fue evaluar el impacto del prototipo de filtrado de agua basado en zeolita, complementado con cloro, en la mejora de la calidad del agua potable.

Las muestras de agua clarificadas fueron recolectadas utilizando técnicas estandarizadas para garantizar la precisión y representatividad de los datos obtenidos. Posteriormente, estas muestras fueron sometidas a un proceso de filtrado en el prototipo diseñado a base de zeolita. Este proceso de filtrado tenía como objetivo principal eliminar una amplia gama de contaminantes presentes.

Una vez filtrada, el agua pasó por una etapa de desinfección mediante la adición de cloro. Según las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se considera que una concentración de cloro residual libre en el agua potable de 0.5 a 1.0 miligramos por litro (mg/L o ppm) es suficiente para garantizar su potabilidad y seguridad para el consumo humano. Esta dosificación de cloro se ajustó cuidadosamente para cumplir con los estándares de calidad y seguridad establecidos por la normativa nacional e internacional.

#### **3.9.1. Matriz de los resultados de diagnóstico**

En contraste con el uso del prototipo desarrollado que empleó zeolita como medio filtrante para analizar muestras de agua clarificada, cuando se llevaron a cabo los análisis sin recurrir a este método, se utilizó un formato estándar para registrar los resultados de los análisis realizados en las muestras. Este formato, por lo general, incluyó campos para registrar los parámetros fisicoquímicos, así como la presencia de contaminantes específicos como metales pesados o compuestos orgánicos.

Este formato recopiló la información detallada de la calidad del agua clarificada sin la intervención del prototipo de zeolita, permitiendo una comparación significativa entre los resultados obtenidos mediante diferentes métodos de análisis. La matriz de resultados de diagnóstico sirvió como una herramienta central para la recopilación y análisis de datos de muestras de agua clarificada y agua tratada con el prototipo desarrollado en esta investigación, el cual utiliza zeolita como medio filtrante.

**Tabla 2. Esquema del formato de la matriz de resultados de diagnóstico para agua clarificada y agua filtrada con el prototipo a base de zeolita**

Parámetros	Unidad	Toma_1	Toma_2	Toma_3	Toma_4	Toma_5	Toma_6	Toma_7	Toma_8	Toma_9	Toma_10
pH	---										
Arsénico (AS)	mg/L										
Bario (Ba)	mg/L										
Cianuros (CN)	mg/L										
Color	Pt-Co										
Cromo (Cr)	mg/L										
DQO	mg/L										
Dureza	CaCo <sub>3</sub> mg/L										
Fluoruros	mg/L										
Hierro total	mg/L										
Manganeso	mg/L										
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L										
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L										
Oxígeno disuelto	mg/L										
Sulfatos	mg/L										
Turbidez	NTU										
Cobre (Cu)	mg/L										
Olor	Pt-Co										

Elaborado por: Autores, 2024

### 3.10. Presentación de propuesta

La propuesta se centra en la implementación de un innovador sistema de tratamiento de agua basado en zeolita como medio filtrante, complementado con la adición de cloro para desinfección, con el objetivo de mejorar la calidad del agua de la planta potabilizadora ubicada en Av. Paquisha, en el Cantón General Villamil Playas. Este sistema busca abordar los desafíos existentes en la potabilización del agua, ofreciendo una solución efectiva y sostenible para la eliminación de contaminantes y la protección de la salud pública. A través de este enfoque integrado y multidisciplinario, se aspira a contribuir al desarrollo de estrategias innovadoras que promuevan la disponibilidad de agua segura y



de calidad para la comunidad, asegurando su bienestar y protección ambiental a largo plazo.

### 3.10.1. Recursos del prototipo

En la siguiente tabla se redactan los equipos y materiales que se utilizaron en la elaboración del prototipo.

**Tabla 3. Costos de materiales y equipos del prototipo de filtrado**

<b>Materiales y equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>
Tanque de depósito agua clarificada	1	\$ 200,00
Tanque de filtración zeolita	1	\$ 200,00
Tanque almacenamiento cloro	1	\$ 200,00
Tanque de depósito de agua tratada	1	\$ 200,00
Bomba horizontal	1	\$ 50,00
Bomba hélice	1	\$ 75,00
Tuberías	10	\$ 100,00
Válvulas	10	\$ 75,00
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>\$ 1.100,00</b>

Elaborado por: Autores, 2023

## 4. CAPÍTULO IV

### Resultados y discusión

#### 4.1. Análisis fisicoquímicos realizados en el agua clarificada de la planta potabilizadora del sector Av. Paquisha, General Villamil Playas, de los estándares de calidad establecidos por la normativa INEN 1108-2014

Se llevaron a cabo una serie de análisis fisicoquímicos para evaluar las muestras de agua clarificada que fueron tomadas en la planta potabilizadora. Los análisis incluyeron la medición del pH, la concentración de arsénico (As), bario (Ba), cianuros (CN), color, cromo (Cr) total, DQO (Demanda Química de Oxígeno), dureza, fluoruros, hierro total, manganeso, nitrato (NO<sub>3</sub>), nitrito (NO<sub>2</sub>), oxígeno disuelto, sulfatos, turbidez, cobre (Cu) y olor siendo las variables de interés las cuales detallan en la tabla 4.

Posterior a la recolección de muestras, se realizó un análisis de estadístico descriptivos en el software estadístico Rstudio, con la finalidad de comprender el comportamiento de las muestras. Este análisis incluyó el cálculo de estadísticos como la media aritmética, mediana, desviación estándar, rango y percentiles para cada uno de los parámetros analizados, lo cual se evidencia en la siguiente figura.

```
> # Resumen estadístico descriptivo
> summary(SIN_ZEOLITA)
```

pH		Bario		Cianuros		Color		Cromo		DQO	
Min.	:7.300	Min.	:0.010	Min.	:0.00600	Min.	:105	Min.	:0.0250	Min.	:30.00
1st Qu.	:7.400	1st Qu.	:0.225	1st Qu.	:0.00725	1st Qu.	:105	1st Qu.	:0.0250	1st Qu.	:32.25
Median	:7.465	Median	:0.320	Median	:0.00950	Median	:105	Median	:0.0250	Median	:35.00
Mean	:7.593	Mean	:0.360	Mean	:0.00960	Mean	:105	Mean	:0.0268	Mean	:33.60
3rd Qu.	:7.700	3rd Qu.	:0.550	3rd Qu.	:0.01175	3rd Qu.	:105	3rd Qu.	:0.0250	3rd Qu.	:35.00
Max.	:8.300	Max.	:0.700	Max.	:0.01400	Max.	:105	Max.	:0.0430	Max.	:35.00
Dureza		Fluoruros		Hierro		Manganeso		Nitratos		Nitritos	
Min.	:104	Min.	:0.0600	Min.	:0.170	Min.	:0.0600	Min.	:1.400	Min.	:0.0070
1st Qu.	:104	1st Qu.	:0.0925	1st Qu.	:0.170	1st Qu.	:0.0600	1st Qu.	:1.475	1st Qu.	:0.0070
Median	:104	Median	:0.1400	Median	:0.170	Median	:0.0600	Median	:1.800	Median	:0.0070
Mean	:104	Mean	:0.3410	Mean	:0.191	Mean	:0.0638	Mean	:1.830	Mean	:0.0076
3rd Qu.	:104	3rd Qu.	:0.2300	3rd Qu.	:0.170	3rd Qu.	:0.0600	3rd Qu.	:2.050	3rd Qu.	:0.0070
Max.	:104	Max.	:1.2300	Max.	:0.380	Max.	:0.0790	Max.	:2.400	Max.	:0.0130
Sulfatos		Turbidez		Cobre							
Min.	:31.00	Min.	: 2.80	Min.	:0.130						
1st Qu.	:34.25	1st Qu.	: 2.80	1st Qu.	:0.130						
Median	:35.50	Median	:13.35	Median	:0.150						
Mean	:35.40	Mean	:10.14	Mean	:0.171						
3rd Qu.	:36.75	3rd Qu.	:15.43	3rd Qu.	:0.210						
Max.	:40.00	Max.	:17.20	Max.	:0.250						

Figura 2. Estadísticos descriptivos en muestras de agua clarificada  
Elaborado por: Autores, 2024

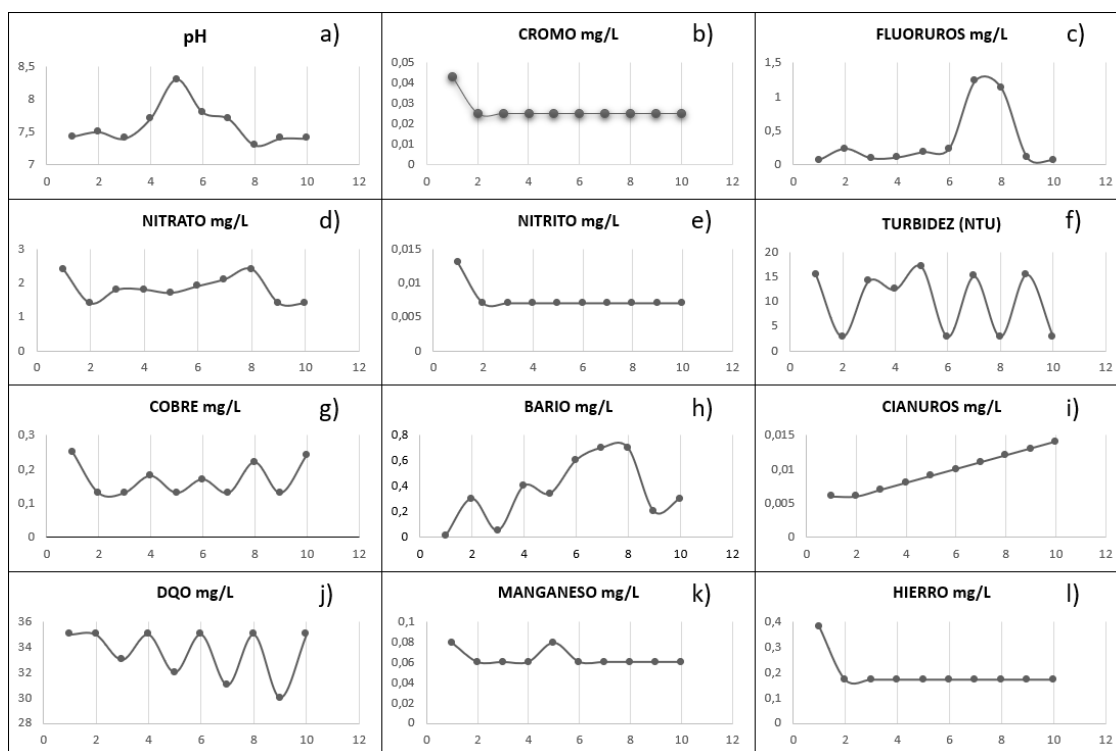
**Tabla 4. Resultados de los análisis fisicoquímicos en las muestras de agua clarificada**

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS										MÉTODO	VALOR MAXIMO PERMISIBLE	CUMPLE NORMA INEN 1108
		Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 5	Toma 6	Toma 7	Toma 8	Toma 9	Toma 10			
pH	---	7,43	7,5	7,4	7,7	8,3	7,8	7,7	7,3	7,4	7,4	POTENCIOMÈTRICO	6 - 9	SI
Arsénico (AS)	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	HACH TEST KIT	0,01	SI
Bario (Ba)	mg/L	0,01	0,3	0,05	0,4	0,34	0,6	0,7	0,7	0,2	0,3	ESPECTOFOTOMETRIA	0,7	SI
Cianuros (CN)	mg/L	0,006	0,006	0,007	0,008	0,009	0,01	0,011	0,012	0,013	0,014	ESPECTOFOTOMETRIA	0,07	SI
Color	Pt-Co	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	ESPECTOFOTOMETRIA	75	NO
Cromo (Cr)	mg/L	0,043	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	ESPECTOFOTOMETRIA	0,05	SI
DQO	mg/L	35	35	33	35	32	35	31	35	30	35	ESPECTOFOTOMETRIA UV - VISIBLE	<4 mg/L	NO
Dureza	CaCo3 mg/L	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	VOLUMETRIA	500	SI
Fluoruros	mg/L	0,06	0,23	0,09	0,1	0,18	0,23	1,23	1,13	0,1	0,06	ESPECTOFOTOMETRIA	1,5	SI
Hierro total	mg/L	0,38	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	ESPECTOFOTOMETRIA	1	SI
Manganeso	mg/L	0,079	0,06	0,06	0,06	0,079	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	ESPECTOFOTOMETRIA	0,1	SI
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	2,4	1,4	1,8	1,8	1,7	1,9	2,1	2,4	1,4	1,4	ESPECTOFOTOMETRIA	50	SI
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	mg/L	0,013	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	ESPECTOFOTOMETRIA	3	SI
Sulfatos	mg/L	31	40	33	34	35	35	36	37	36	37	ESPECTOFOTOMETRIA	500	SI
Turbidez	NTU	15,5	2,8	14,2	12,5	17,2	2,8	15,2	2,8	15,6	2,8	TURBIDÌMETRO	5	NO
Cobre (Cu)	mg/L	0,25	0,13	0,13	0,18	0,13	0,17	0,13	0,22	0,13	0,24	ESPECTOFOTOMETRIA	2	SI
Olor	Pt-Co	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---			

\*Los análisis se realizaron en los Laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil siendo muestras tomadas de la planta potabilizadora del sector Av. Paquisha, ubicado en General Villamil Playas

Elaborado por: Autores, 2024

El objetivo principal fue tener una visión general de la distribución y variabilidad de las características del agua clarificada, lo que proporcionó información valiosa para la evaluación de su calidad. En la figura 3, se observa el comportamiento de las variables fisicoquímicas de mayor interés en las 10 muestras de agua clarificada que fueron registradas cada 3 días, una vez tomadas de la planta potabilizadora.



\*Imágenes de las propiedades fisicoquímicas: a) pH; b) cromo; c) fluoruros; d) nitrato; e) nitrito; f) turbidez; g) cobre; h) bario; i) cianuros; j) Demanda Química de Oxígeno; k) manganeso; l) hierro.

Figura 3. Comportamiento de variables fisicoquímicas en muestras de agua clarificada  
Elaborado por: Autores, 2024

Los resultados revelan una serie de estadísticas importantes sobre varios parámetros del agua. Se observa que el pH presenta un rango amplio, desde un mínimo de 7.3 hasta un máximo de 8.3, con una mediana de 7.465 y una media de 7.593. En cuanto a otros compuestos, como el cromo, fluoruros, nitrato y nitrito, se aprecian diferentes rangos y distribuciones, con algunas concentraciones más altas que otras. La turbidez, por ejemplo, tiene un rango que va desde 2.8 hasta 17.2, con una mediana de 13.35 y una media de 10.14. Asimismo, se encuentran otros elementos como el cobre, bario, cianuros, DQO, hierro y manganeso, con diferentes niveles de concentración que también varían ampliamente.

Estos datos proporcionan una visión general de la composición y características del agua analizada, lo que puede ser fundamental para evaluar su idoneidad para diferentes usos y para determinar la necesidad de tratamientos específicos. Ahora bien, el análisis de las muestras de agua revela una serie de tendencias y variaciones en varios parámetros fisicoquímicos y metales presentes en las muestras. En primer lugar, el pH se mantiene dentro de un rango estrecho, indicando una leve variabilidad en la acidez o alcalinidad del agua. Sin embargo, otros compuestos como el cromo, fluoruros, nitrato y nitrito muestran una gama más amplia de concentraciones, con valores que fluctúan significativamente entre las muestras.

La turbidez del agua varía notablemente, lo que sugiere diferencias en la claridad debido a la presencia de partículas suspendidas. Además, elementos como el cobre, bario, cianuros, DQO, hierro y manganeso también exhiben variaciones en sus concentraciones, reflejando diferentes niveles de contaminación o presencia natural en las muestras. Estas observaciones proporcionan información valiosa para evaluar la calidad del agua y determinar los pasos necesarios para su tratamiento y potabilización, contribuyendo así a garantizar la salud y el bienestar de los residentes en el área estudiada.

#### **4.2. Evaluación del filtro de zeolita construido para exhibir la eficacia en los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua clarificada tomadas de la planta potabilizadora del sector Av. Paquisha, General Villamil Playas**

En el proceso de diseño, se seleccionó cuidadosamente una zeolita de alta calidad, considerando su capacidad de adsorción y su disponibilidad comercial. El filtro fue diseñado con una configuración de lecho empacado que permitió un contacto efectivo entre el agua y la zeolita, optimizando así el proceso de adsorción de contaminantes. Previo al paso del agua a través del filtro de zeolita, se implementó un pretratamiento para eliminar sólidos suspendidos y materia orgánica, asegurando así un funcionamiento óptimo del filtro.

Se controló la velocidad de flujo del agua y el tiempo de contacto con la zeolita para garantizar una adsorción eficaz de los contaminantes presentes en el agua. Además, se estableció un procedimiento de regeneración del filtro para mantener su capacidad de adsorción a lo largo del tiempo, lo que incluyó enjuagues periódicos con soluciones adecuadas.

Los resultados obtenidos mostraron una notable mejora en la calidad del agua tratada, con reducciones significativas en la concentración de contaminantes clave. La zeolita demostró ser un medio filtrante altamente efectivo, capaz de adsorber una amplia gama de contaminantes y mejorar así la seguridad y la potabilidad del agua.

La implementación del filtro con zeolita fue exitosa y demostró ser una solución eficaz para mejorar la calidad del agua. Este enfoque innovador destacó el papel fundamental de la zeolita como agente de filtración en la purificación del agua, abriendo nuevas posibilidades para su aplicación en diversas industrias y contextos de tratamiento de agua, como se observa en el prototipo.



Figura 4. Esquema del tratamiento de muestras por medio del filtro a base de zeolitas  
Elaborado por: Autores, 2023

Es importante resaltar que la zeolita emerge como un componente fundamental en el proceso de tratamiento de agua clarificada debido a su excepcional capacidad de adsorción. Este mineral microporoso exhibe una estructura cristalina única que le confiere propiedades de intercambio iónico y adsorción selectiva, lo que le permitió atrapar y retener una amplia variedad de contaminantes presentes en el agua.

Gracias a su alta superficie específica y su estructura porosa, la zeolita puede capturar partículas suspendidas, compuestos orgánicos, metales pesados y otros contaminantes, mejorando significativamente la claridad y la calidad del agua clarificada. Esta capacidad de adsorción altamente eficiente de la zeolita representó un avance significativo en la potabilización del agua, ofreciendo una solución efectiva y sostenible para la eliminación de contaminantes y la protección de la salud pública y el medio ambiente

#### **4.3. Diferencias del efecto de adsorción del filtro de zeolita mediante comparaciones fisicoquímicas para reconocer su efectividad**

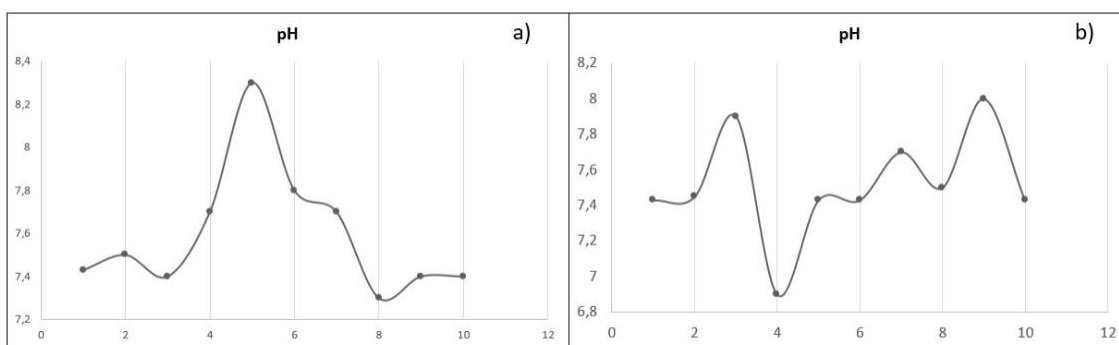
En este apartado del estudio, se llevó a cabo un análisis de las diferencias en el efecto de adsorción del filtro de zeolita mediante comparaciones fisicoquímicas, con el objetivo de reconocer su efectividad en el proceso de tratamiento de las muestras de estudio. Se examinan e interpretan las variables de mayor interés para la investigación, considerando diversos parámetros relevantes en la adsorción de contaminantes.

Además, se analizó la capacidad de adsorción de cada filtro en relación con estos parámetros fisicoquímicos y se compararon los resultados obtenidos. A través de estas comparaciones fisicoquímicas detalladas, se pudo reconocer y evaluar la efectividad del filtro de zeolita en el proceso de adsorción. Los hallazgos de este análisis proporcionaron información valiosa para determinar el potencial del filtro de zeolita como una solución efectiva y viable para mejorar la calidad del agua clarificada en la planta potabilizadora.

##### **4.3.1. Análisis e interpretación del pH**

Los resultados obtenidos indican que el pH promedio de las muestras de agua clarificada es de aproximadamente 7.56. Este valor se encuentra dentro del rango aceptable según la normativa NTE INEN 1108:2014 para agua potable, que establece un intervalo de pH entre 6 y 9. Un pH dentro de este rango es considerado óptimo para el consumo humano, ya que indica que el agua no es ni demasiado ácida ni demasiado alcalina. Esto es importante para garantizar que el agua sea segura y saludable para el consumo humano, ya que un pH fuera de los límites establecidos puede indicar la presencia de contaminantes

u otros problemas de calidad del agua. En este caso, los resultados muestran que las muestras de agua clarificada tienen un pH adecuado para su tratamiento y posterior consumo. Sin embargo, es importante continuar monitoreando regularmente el pH y otros parámetros de calidad del agua para garantizar su potabilidad a lo largo del tiempo.



\*a (agua clarificada); \*b (agua filtrada con zeolita)

Figura 5. Comportamiento del pH en Agua clarificada Vs. Agua tratada

Elaborado por: Autores, 2024

Los datos proporcionados muestran los valores de pH para dos tratamientos diferentes: uno sin zeolita y otro con zeolita. El pH es una medida de acidez o alcalinidad en una solución, donde un pH por debajo de 7 indica acidez, un pH de 7 es neutro y un pH por encima de 7 indica alcalinidad. Al observar los datos, se puede notar que los valores de pH para el tratamiento sin zeolita oscilan entre 7,3 y 8,3, mientras que para el tratamiento con zeolita varían entre 6,9 y 8.



Figura 6. Determinación de pH

Elaborado por: Autores, 2024



Esto sugiere que la presencia de zeolita en el tratamiento puede influir ligeramente en el pH del agua, ya que algunos valores con zeolita son ligeramente más ácidos que los valores correspondientes sin zeolita. Sin embargo, en general, los valores de pH para ambos tratamientos se mantienen dentro de un rango aceptable para el agua potable (entre 6,5 y 8,5), lo que indica que el impacto del tratamiento con zeolita en el pH del agua es mínimo y no compromete su calidad.

#### 4.3.2. Análisis e interpretación del cromo

Los resultados de Cromo Total muestran que, tanto en el tratamiento sin zeolita como en el tratamiento con zeolita, los valores están dentro del rango permitido por la normativa NTE INEN 1108, que es de 0,05 mg/L.

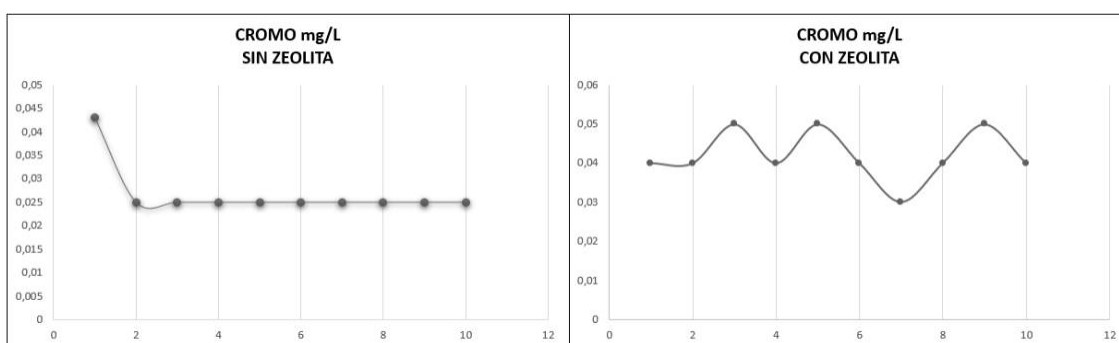


Figura 7. Cromo en Agua clarificada (sin zeolita) Vs. Agua tratada (con zeolita)  
Elaborado por: Autores, 2024

Esto indica que ambos tratamientos cumplen con los estándares establecidos en cuanto a la concentración de Cromo Total en el agua tratada. Sin embargo, se observa que en el tratamiento con zeolita algunos valores están ligeramente por encima del límite permisible, alcanzando hasta 0,05 mg/L.



Figura 8. Determinación de cromo mg/L  
Elaborado por: Autores, 2024

Aunque estos valores están dentro del límite legal, es importante monitorear de cerca estos niveles para garantizar que permanezcan dentro de los límites aceptables a lo largo del tiempo y asegurar la calidad del agua tratada.

#### 4.3.3. Análisis e interpretación de la dureza

Los datos muestran que, para el tratamiento sin zeolita, la dureza del agua se mantiene constante en 104 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  en todas las mediciones realizadas. Por otro lado, en el tratamiento con zeolita, la dureza también se mantiene constante en 74 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  en todas las mediciones.

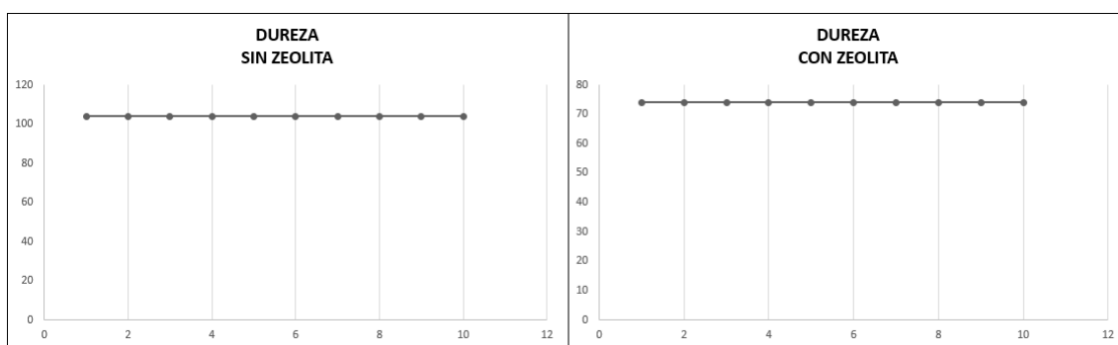


Figura 9. Dureza en Agua clarificada (sin zeolita) Vs. Agua tratada (con zeolita)  
Elaborado por: Autores, 2024

Esto sugiere que la presencia de zeolita no tiene un impacto significativo en la dureza del agua tratada, y sin embargo ambas muestras cumplen con los estándares establecidos para este parámetro.



Figura 10. Determinación de dureza mg/L de  $\text{CaCO}_3$   
Elaborado por: Autores, 2024

#### 4.3.4. Análisis e interpretación de fluoruros

Los datos muestran que, tanto en el tratamiento sin zeolita como en el tratamiento con zeolita, los valores de fluoruros se mantienen dentro del rango permitido por la normativa NTE INEN 1108, que es de hasta 1,5 mg/L.



Figura 11. Determinación de fluoruros  
Elaborado por: Autores, 2024

Para el tratamiento sin zeolita, los valores oscilan entre 0,06 mg/L y 1,23 mg/L, mientras que, para el tratamiento con zeolita, varían entre 0,07 mg/L y 0,12 mg/L. Esto indica que ambos tratamientos mantienen una concentración de fluoruros aceptable bajo normativa y cumplen con los estándares establecidos para este parámetro.

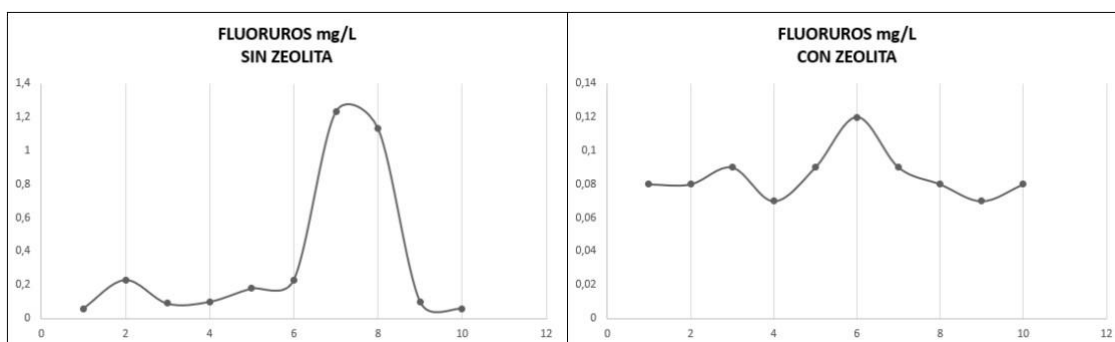


Figura 12. Fluoruros en Agua clarificada (sin zeolita) Vs. Agua tratada (con zeolita)  
Elaborado por: Autores, 2024

#### 4.3.4. Análisis e interpretación de nitratos

Los resultados muestran los niveles de Nitrato ( $\text{NO}_3$ ) para dos tratamientos diferentes: uno sin zeolita y otro con zeolita. En el tratamiento sin zeolita, los valores de Nitrato ( $\text{NO}_3$ ) oscilan entre 1,4 mg/L y 2,4 mg/L, todos dentro del rango permitido por la normativa, que es de hasta 50 mg/L. Esto indica un cumplimiento adecuado de los estándares de calidad en cuanto a la concentración de nitratos en el agua tratada.

Por otro lado, en el tratamiento con zeolita, los valores de Nitrato ( $\text{NO}_3$ ) también están dentro del rango permitido, variando entre 0,1 mg/L y 0,9 mg/L. Esto confirma que el tratamiento con zeolita cumple con los estándares establecidos para la concentración de nitratos en el agua tratada.

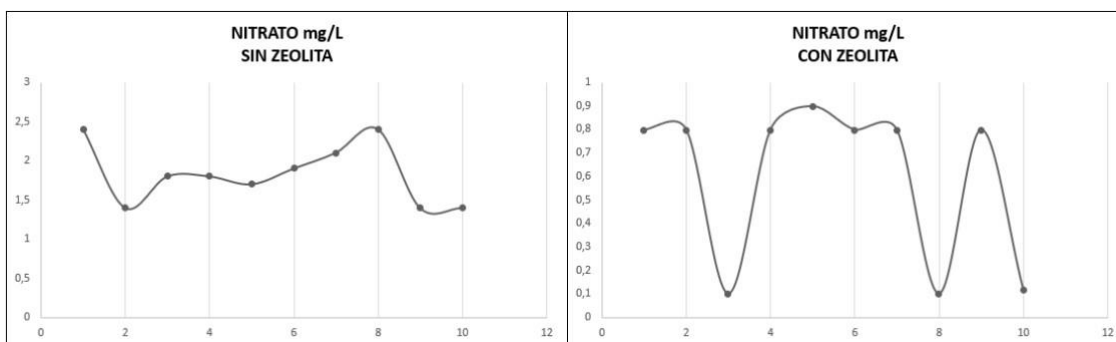


Figura 13. Nitratos en Agua clarificada (sin zeolita) Vs. Agua tratada (con zeolita)  
Elaborado por: Autores, 2024

Tanto el tratamiento sin zeolita como el tratamiento con zeolita cumplen con los estándares establecidos para los Nitratos, lo que demuestra la efectividad de ambos tratamientos en el cumplimiento de los requisitos de calidad del agua en términos de la concentración de nitratos.



Figura 14. Preparación de muestras en la determinación de nitratos  
Elaborado por: Autores, 2024

#### 4.3.5. Análisis e interpretación de nitratos

Los resultados del análisis muestran que los niveles de nitrito ( $\text{NO}_2$ ) en las muestras de agua clarificada oscilan entre 0,007 mg/L y 0,013 mg/L, utilizando el método de espectrofotometría. Al comparar estos valores con el límite máximo permitido para el nitrito en agua potable, que generalmente está en el rango de 1 mg/L a 3 mg/L según las regulaciones locales, se observa que todas las muestras están muy por debajo de este límite. Los resultados del análisis muestran que los niveles de nitritos en todas las muestras están dentro de los límites permitidos por la normativa NTE INEN 1108, lo que indica que el agua tratada. Esto sugiere que el proceso de tratamiento utilizado en el prototipo desarrollado es efectivo para mantener bajos los niveles de nitritos en el agua, lo que es crucial para garantizar su seguridad para el consumo humano.

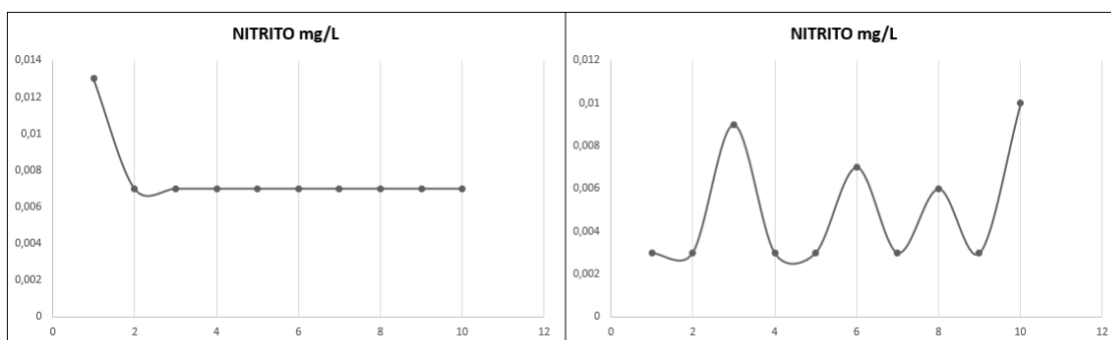


Figura 15. Nitritos en Agua clarificada (sin zeolita) Vs. Agua tratada (con zeolita)  
Elaborado por: Autores, 2024

#### 4.3.6. Análisis e interpretación de sulfatos

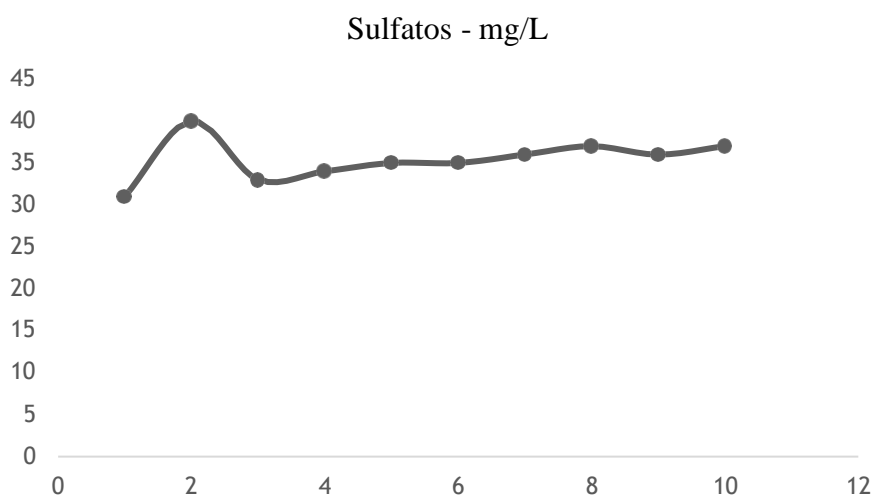


Figura 16. Comportamiento de sulfatos  
Elaborado por: Autores, 2024

Los resultados del análisis de sulfatos en las muestras de agua clarificada muestran concentraciones que varían entre 31 mg/L y 40 mg/L, utilizando el método de espectrofotometría. Al comparar estos valores con el límite máximo permitido para sulfatos en agua potable, que suele estar en el rango de 250 mg/L a 500 mg/L según las regulaciones locales, se observa que todas las muestras están significativamente por debajo de este límite. Esto indica que las concentraciones de sulfatos en las muestras de agua clarificada analizadas son bajas y están dentro de los límites aceptables para el consumo humano según los estándares de calidad del agua. Los sulfatos en concentraciones elevadas en el agua potable pueden tener efectos laxantes leves en algunas personas, pero las concentraciones encontradas en las muestras analizadas no representan un riesgo para la salud.

#### 4.3.7. Análisis e interpretación de turbidez

Los resultados del análisis de turbidez en las muestras de agua clarificada muestran valores que varían entre 2.8 NTU y 17.2 NTU, utilizando un turbidímetro. Al comparar estos valores con el límite máximo permitido para turbidez en agua potable, que suele ser de 5 NTU según las regulaciones locales e internacionales, se observa que todas las muestras exceden este límite.

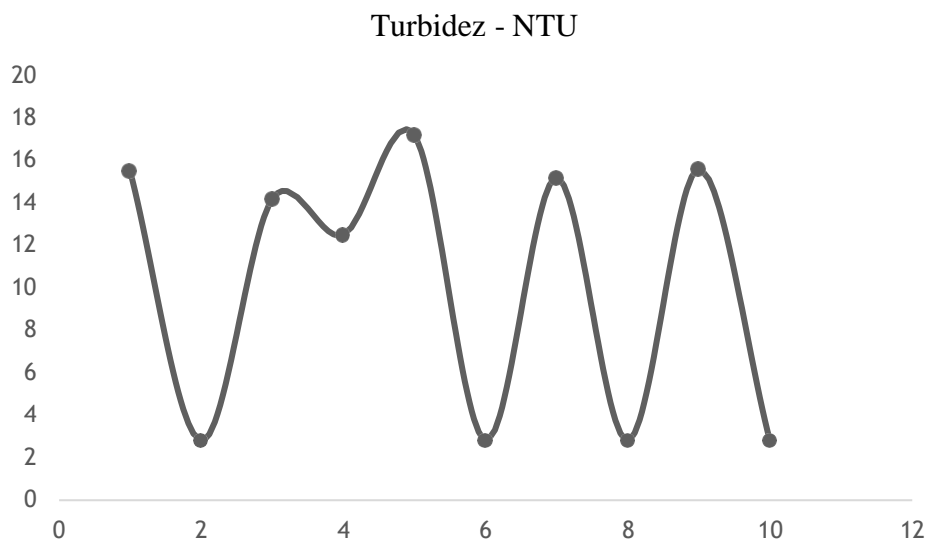


Figura 17. Comportamiento de turbidez  
Elaborado por: Autores, 2024

Estos resultados indican que las muestras de agua clarificada presentan niveles elevados de turbidez, lo que podría indicar la presencia de sólidos en suspensión u otras partículas en el agua. La alta turbidez puede afectar la claridad del agua y dificultar su tratamiento y desinfección adecuados. Es importante investigar las posibles causas de la alta turbidez, como la erosión del suelo, la actividad industrial o la descarga de aguas residuales, y tomar medidas para mitigar este problema y garantizar la calidad del agua potable.

#### 4.3.8. Análisis e interpretación de cobre (Cu)

Los resultados del análisis de cobre en las muestras de agua clarificada, utilizando un método espectrofotométrico, arrojaron concentraciones que varían entre 0.13 mg/L y 0.25 mg/L. Al comparar estos resultados con el límite máximo permitido para el cobre en agua potable, que suele ser de 2 mg/L según las regulaciones, se observa que todas las muestras están por debajo de este límite. Estos resultados indican que las muestras de agua clarificada analizadas cumplen con los estándares de calidad establecidos en lo que respecta a la concentración de cobre. La presencia de niveles bajos de cobre en el agua puede atribuirse a diversas fuentes, como la corrosión de tuberías o la actividad industrial. Es importante monitorear regularmente los niveles de cobre en el agua para garantizar el cumplimiento de las normativas de calidad del agua potable y para prevenir posibles riesgos para la salud asociados con la exposición a concentraciones elevadas de este metal.

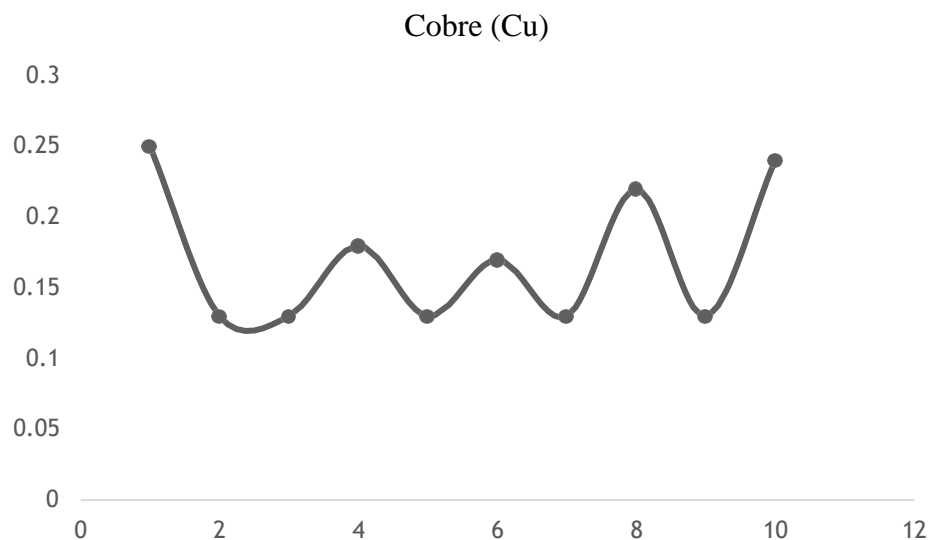


Figura 18. Comportamiento de cobre (Cu)  
Elaborado por: Autores, 2024

Con base en el comportamiento inicial de las muestras y con el objetivo de evaluar el efecto positivo del tratamiento de zeolita en la clarificación del agua, se llevó a cabo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). Este diseño consideró cuidadosamente las variables de mayor interés en el experimento, buscando cumplir con los requisitos establecidos en la NTE INEN 1108-2014. El propósito principal fue comparar e identificar la muestra que mejor se ajusta a los estándares especificados en la norma.

Este enfoque metodológico permitió una evaluación rigurosa y objetiva de los resultados obtenidos, proporcionando una base sólida para determinar la eficacia del tratamiento de zeolita en la clarificación del agua. Al emplear un diseño de bloques completamente al azar, se garantizó que todas las muestras fueran tratadas de manera imparcial y que los resultados reflejaran con precisión cualquier variación significativa entre ellas. La selección de variables clave se realizó en función de su relevancia para el proceso de clarificación del agua y su impacto en la calidad final del producto tratado. Esto aseguró que el análisis se centrara en aspectos críticos para el cumplimiento de la normativa vigente y para garantizar la seguridad y potabilidad del agua tratada.



Tabla 5. Resultados de los análisis fisicoquímicos en muestra de agua filtrada con zeolita

Parámetros	Unidad	Método	Valor Máximo Permissible	Cumplimiento NTE INEN 1108	Resultados promedios	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 5	Toma 6	Toma 7	Toma 8	Toma 9	Toma 10
pH	-	Potenciómetro HACH TEST KIT	6,5 a 8,0	SI	7,517	7,43	7,45	7,9	6,9	7,43	7,43	7,7	7,5	8	7,43
Arsénico	mg/L	HACH 8017	0,01	SI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cadmio	mg/L	POCKET COLORIMET RÍA HACH	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloro	mg/L	HACH 8025	0,3 a 1,5	SI	0,68	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8	1,2	0,8	0,7	1,3
Color	Pt-Co	HACH 8024	15	SI	10	7	8	9	10	11	9	10	11	12	13
Cromo total	mg/L	HACH 10225	0,05	SI	0,042	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04
Fluoruro	mg/L	-	1,5	SI	0,085	0,08	0,08	0,09	0,07	0,09	0,12	0,09	0,08	0,07	0,08
Mercurio	mg/L	-	0,006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobre	mg/L	HACH 8506	2	SI	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Nitratos	mg/L	HACH 8039	50	SI	0,602	0,8	0,8	0,1	0,8	0,9	0,8	0,8	0,1	0,8	0,12
Nitritos	mg/L	HACH 8507	3	SI	0,005	0,003	0,003	0,009	0,003	0,003	0,007	0,003	0,006	0,003	0,01
Plomo	mg/L	HACH 8033	0,01	SI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Turbidez	NTU	TURBIDIMETRO HACH 2100P STANDARD	5	SI	0,55	0,5	0,5	0,8	0,7	0,5	0,5	0,9	0,5	0,1	0,5
Dureza Oxígeno disuelto	mg/L	8226	-	-	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
Conductividad	mg/L	Potenciómetro STANDARD 9221	-	-	4,83	4,83	4,83	4,83	4,83	4,83	4,83	4,83	4,83	4,83	4,83
Coliformes totales	Número/100 ml	< UFC/100 ml	< 1	SI	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Cryptosporidiu	# quistes/L	EPA 1623	AUSENCIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Giardia	# quistes/L	EPA 1624	AUSENCIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Olor	-	-	-	-	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable
Sabor	-	-	-	0	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable

Elaborado por: Autores, 2024

#### 4.3.9. Diseño de bloques completamente al azar (DBCA)

Al finalizar el experimento, se compararon los resultados obtenidos con los criterios establecidos en la NTE INEN 1108-2014, con el fin de determinar qué muestra cumplía de manera más satisfactoria con los estándares de calidad establecidos. Esta evaluación proporcionó información valiosa sobre la eficacia del tratamiento de zeolita y su capacidad para mejorar la clarificación del agua. Como se detalla el resumen de las variables de mayor interés en la tabla 5.

**Tabla 6. Resumen ANOVA del Diseño de bloques completamente al aza (DBCA)**

Tratamientos	pH	Cromo	Fluoruros	Nitrato	Nitrito	Turbidez	Cobre
Sin zeolita	7,59 a	0,03 b	0,34 a	1,83 a	0,1 a	10,14 a	0,17 a
Con zeolita	7,52 a	0,04 a	0,09 a	0,6 b	0,1 b	0,55 b	0,07 b

Elaborado por: Autores, 2024

Los resultados del análisis muestran que tanto las muestras tratadas con zeolita como las muestras sin tratar tienen valores de pH dentro del rango aceptable según la normativa, que va de 6.5 a 8. En concreto, el pH promedio para las muestras sin zeolita fue de 7.59, mientras que para las muestras con zeolita fue ligeramente menor, con un promedio de 7.52.

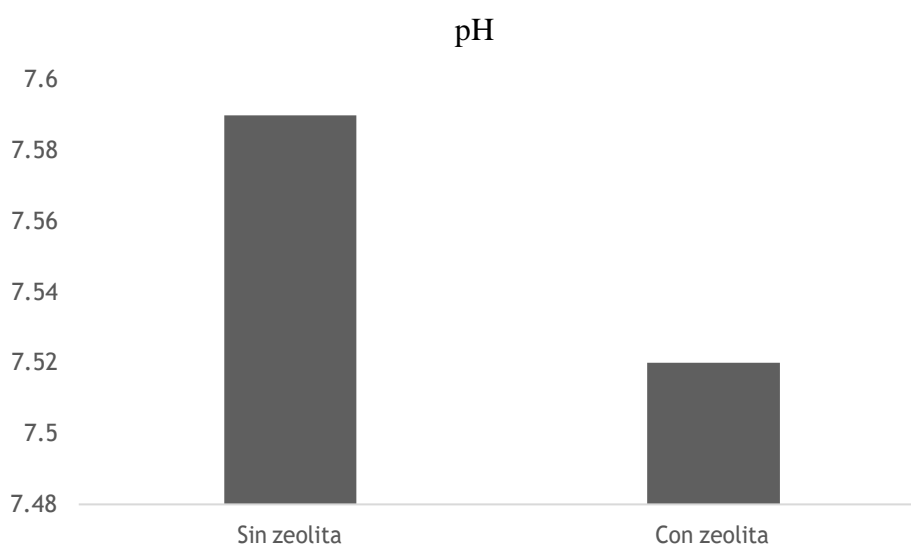


Figura 19. Comparación del pH en el experimento  
Elaborado por: Autores, 2024

Dado que ambos promedios están dentro del rango establecido por la normativa, podemos concluir que el tratamiento con zeolita no afecta significativamente el pH del agua filtrada en comparación con las muestras sin filtrar. Esto sugiere que el proceso de adsorción con zeolita no altera de manera sustancial la acidez o alcalinidad del agua, lo que es un resultado positivo en términos de cumplimiento con los estándares de calidad del agua.

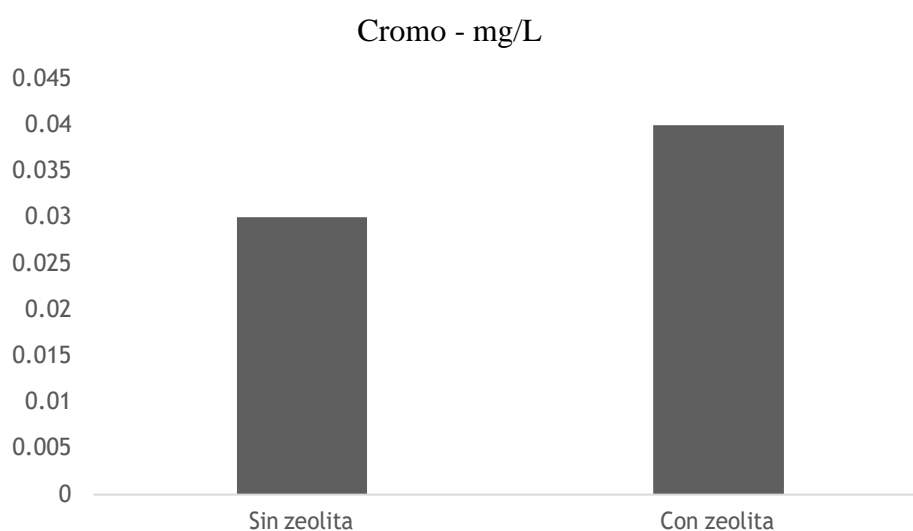


Figura 20. Comparación del cromo en el experimento  
Elaborado por: Autores, 2024

Para el cromo, el valor máximo permitido es de 0,05 mg/L según la normativa. Los resultados muestran que tanto las muestras tratadas con zeolita como las muestras sin tratar tienen concentraciones de cromo por debajo de este límite. Específicamente, el análisis revela que las muestras sin zeolita tienen un promedio de 0.03 mg/L de cromo, mientras que las muestras con zeolita tienen un promedio ligeramente mayor de 0.04 mg/L. Sin embargo, ambos valores están por debajo del límite establecido por la normativa. Por lo tanto, podemos exponer que tanto el tratamiento con zeolita como las muestras sin tratar cumplen con el límite máximo permitido para la concentración de cromo en el agua. La zeolita no parece influir significativamente en la concentración de cromo en el agua tratada en comparación con las muestras sin tratar.

Además, se observa que el modelo de análisis de varianza es altamente significativo, con un valor de  $p < 0,0001$ , lo que indica que hay diferencias significativas entre las muestras tratadas con zeolita y las muestras sin zeolita en cuanto a la concentración total de cromo. Las medias muestrales también muestran diferencias significativas, con un valor de  $p < 0,05$ . La concentración promedio de cromo en las muestras tratadas con zeolita es de 0,04

mg/L, mientras que en las muestras sin zeolita es de 0,03 mg/L. Esto sugiere que el tratamiento con zeolita ha resultado en un aumento en la concentración de cromo en comparación con las muestras sin tratar. Sin embargo, es importante tener en cuenta que ambas concentraciones están dentro de los límites permisibles establecidos por la normativa. Por lo tanto, aunque existe una diferencia estadísticamente significativa en la concentración de cromo entre las muestras tratadas y sin tratar, ambas muestras cumplen con los estándares de calidad en cuanto a la concentración de cromo.

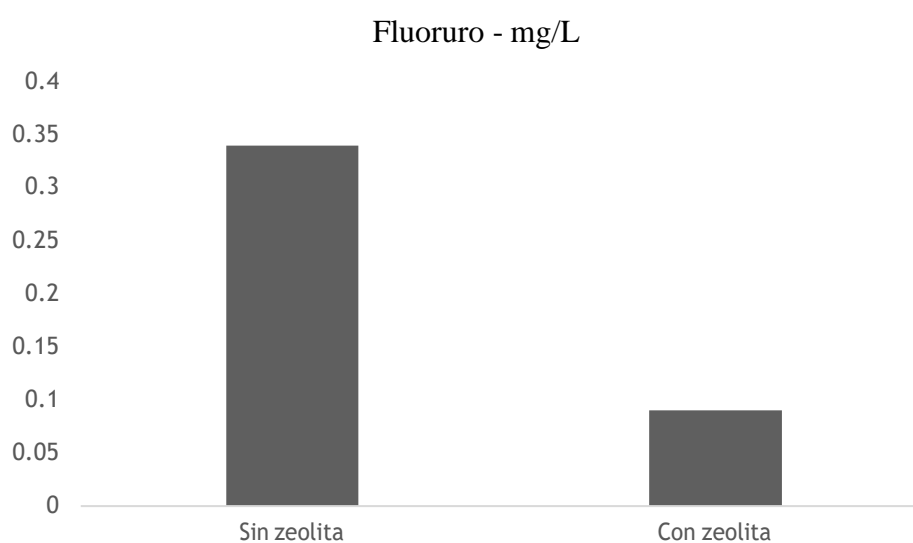


Figura 21. Comparación del fluoruro mg/L en el experimento  
Elaborado por: Autores, 2024

Para los fluoruros, el valor máximo permitido es de 1,5 mg/L según la normativa. Los resultados muestran que tanto las muestras tratadas con zeolita como las muestras sin tratar cumplen con este límite. Específicamente, el análisis revela que las muestras sin zeolita tienen una concentración promedio de fluoruros de 0,34 mg/L, mientras que las muestras tratadas con zeolita tienen una concentración promedio aún menor de 0,09 mg/L. Ambas concentraciones están muy por debajo del límite permitido. Por lo tanto, podemos concluir que tanto el tratamiento con zeolita como las muestras sin tratar cumplen con el límite máximo permitido para la concentración de fluoruros en el agua. Además, el uso de zeolita parece reducir aún más la concentración de fluoruros en el agua tratada en comparación con las muestras sin tratar.

El análisis de varianza muestra que el modelo es estadísticamente significativo, con un valor de  $p = 0,0872$ . Sin embargo, al aplicar el test de Tukey, se observa que las medias de las concentraciones de fluoruros en las muestras tratadas con zeolita y sin zeolita no

son significativamente diferentes, ya que comparten la misma letra (A). Esto sugiere que no hay una diferencia estadísticamente significativa en las concentraciones de fluoruros entre las muestras tratadas y sin tratar. Aunque el modelo muestra cierta significancia estadística, esta no se refleja en las diferencias entre las medias de las concentraciones de fluoruros en las muestras tratadas y sin tratar. Por lo tanto, no se puede concluir que el tratamiento con zeolita tenga un efecto significativo en la concentración de fluoruros en el agua.

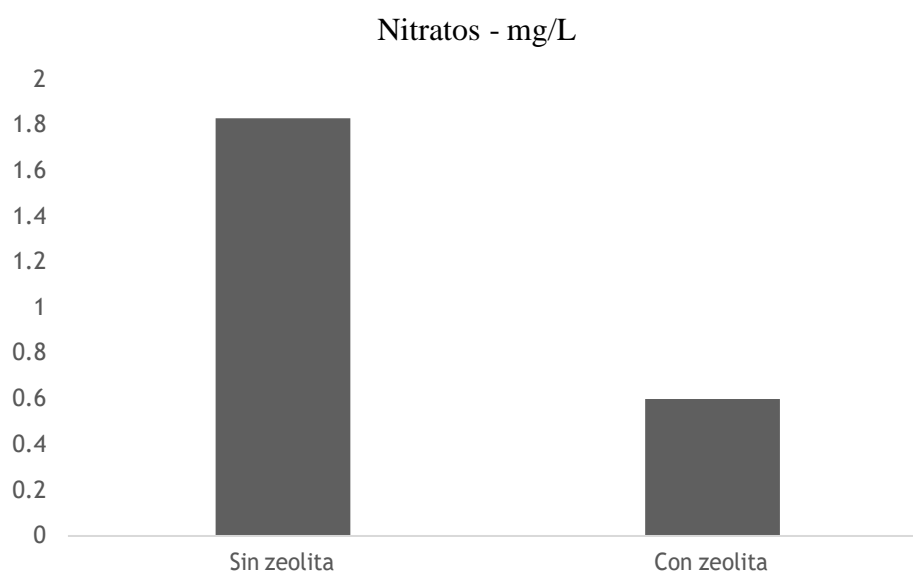


Figura 22. Comparación de los nitratos mg/L en el experimento  
Elaborado por: Autores, 2024

Para los nitratos, el valor máximo permitido es de 50 mg/L según la normativa. Los resultados muestran que tanto las muestras tratadas con zeolita como las muestras sin tratar cumplen con este límite. Específicamente, el análisis revela que las muestras sin zeolita tienen una concentración promedio de nitratos de 1,83 mg/L, mientras que las muestras tratadas con zeolita tienen una concentración promedio aún menor de 0,6 mg/L. Ambas concentraciones están muy por debajo del límite permitido. Por lo tanto, podemos concluir que tanto el tratamiento con zeolita como las muestras sin tratar cumplen con el límite máximo permitido para la concentración de nitratos en el agua. Además, el uso de zeolita parece reducir aún más la concentración de nitratos en el agua tratada en comparación con las muestras sin tratar.

El análisis de varianza muestra que el modelo es altamente significativo, con un valor de  $p < 0,0001$ . Al aplicar el test de Tukey, se observa que las medias de las concentraciones

de nitrato en las muestras tratadas con zeolita y sin zeolita son significativamente diferentes, ya que tienen diferentes letras (A y B, respectivamente). Esto indica que hay una diferencia estadísticamente significativa en las concentraciones de nitrato entre las muestras tratadas y sin tratar. Las muestras tratadas con zeolita tienen una concentración media de nitrato de 0,60 mg/L, mientras que las muestras sin tratar tienen una concentración media de 1,83 mg/L. Esta diferencia sugiere que el tratamiento con zeolita puede reducir significativamente la concentración de nitrato en el agua.

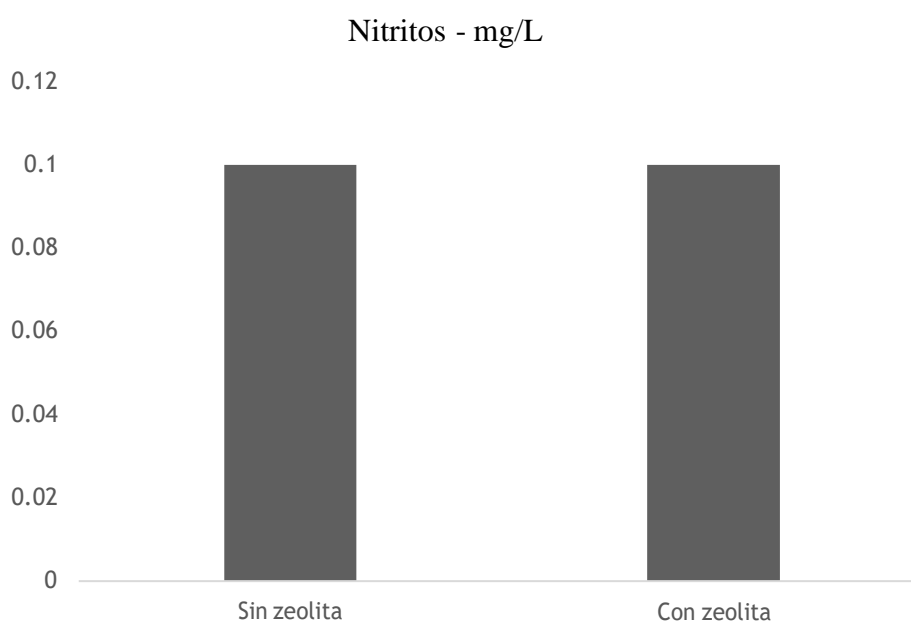


Figura 23. Comparación de los nitritos mg/L en el experimento  
Elaborado por: Autores, 2024

Para los nitritos, el valor máximo permitido es de 3 mg/L según la normativa. Los resultados muestran que tanto las muestras tratadas con zeolita como las muestras sin tratar cumplen con este límite. Específicamente, el análisis revela que las muestras sin zeolita tienen una concentración promedio de nitritos de 0,1 mg/L, mientras que las muestras tratadas con zeolita también tienen una concentración promedio de 0,1 mg/L. Ambas concentraciones están considerablemente por debajo del límite permitido. Por lo tanto, podemos concluir que tanto el tratamiento con zeolita como las muestras sin tratar cumplen con el límite máximo permitido para la concentración de nitritos en el agua. No se observan diferencias significativas en la concentración de nitritos entre las muestras tratadas con zeolita y las muestras sin tratar.

El análisis de varianza indica que el modelo es significativo, con un valor de  $p = 0,0254$ , lo que sugiere que hay diferencias significativas entre las muestras tratadas y sin tratar. Sin embargo, al aplicar el test de Tukey, se observa que las medias de las concentraciones de nitrito en las muestras tratadas con zeolita y sin zeolita no son significativamente diferentes, ya que comparten la misma letra (A). Tanto las muestras tratadas con zeolita como las muestras sin tratar tienen una concentración media de nitrito de 0,01 mg/L. Esto sugiere que el tratamiento con zeolita no tiene un impacto significativo en la concentración de nitrito en el agua.

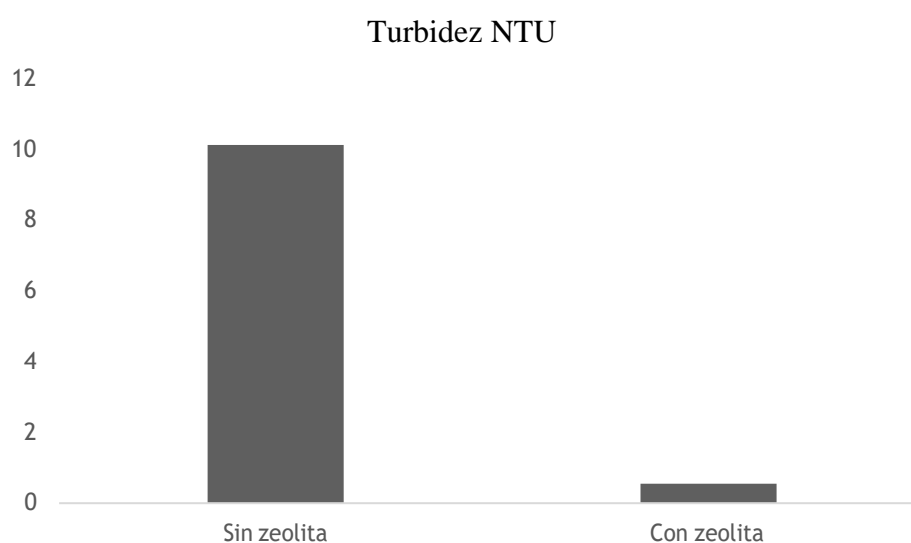


Figura 24. Comparación de la turbidez NTU en el experimento  
Elaborado por: Autores, 2024

Para la turbidez, el valor máximo permitido es de 5 NTU (unidades nefelométricas de turbidez) según la normativa. Los resultados del análisis muestran que las muestras tratadas con zeolita tienen una concentración promedio de turbidez de 0,55 NTU, mientras que las muestras sin zeolita tienen una concentración promedio de 10,14 NTU. Esto indica que el tratamiento con zeolita ha logrado reducir significativamente la turbidez del agua en comparación con las muestras sin tratar. La concentración de turbidez en las muestras tratadas con zeolita está dentro del límite máximo permitido por la normativa, lo que sugiere una mejora en la claridad y transparencia del agua tratada. Por lo tanto, podemos concluir que el uso de zeolita como parte del proceso de tratamiento ha sido efectivo para reducir la turbidez del agua, cumpliendo así con los estándares de calidad establecidos.

Para la turbidez, el análisis de varianza muestra que el modelo es altamente significativo, con un valor de  $p = 0,0002$ , lo que indica que hay diferencias significativas entre las muestras tratadas y sin tratar en cuanto a la turbidez. Al aplicar el test de Tukey, se observa que las medias de turbidez en las muestras tratadas con zeolita y sin zeolita son significativamente diferentes, ya que tienen letras diferentes (A y B, respectivamente). La muestra sin zeolita tiene una turbidez media de 10,14 NTU, mientras que la muestra tratada con zeolita tiene una turbidez media de 0,55 NTU. Esto sugiere que el tratamiento con zeolita ha sido efectivo para reducir la turbidez del agua, ya que la muestra tratada tiene una turbidez significativamente más baja en comparación con la muestra sin tratar.

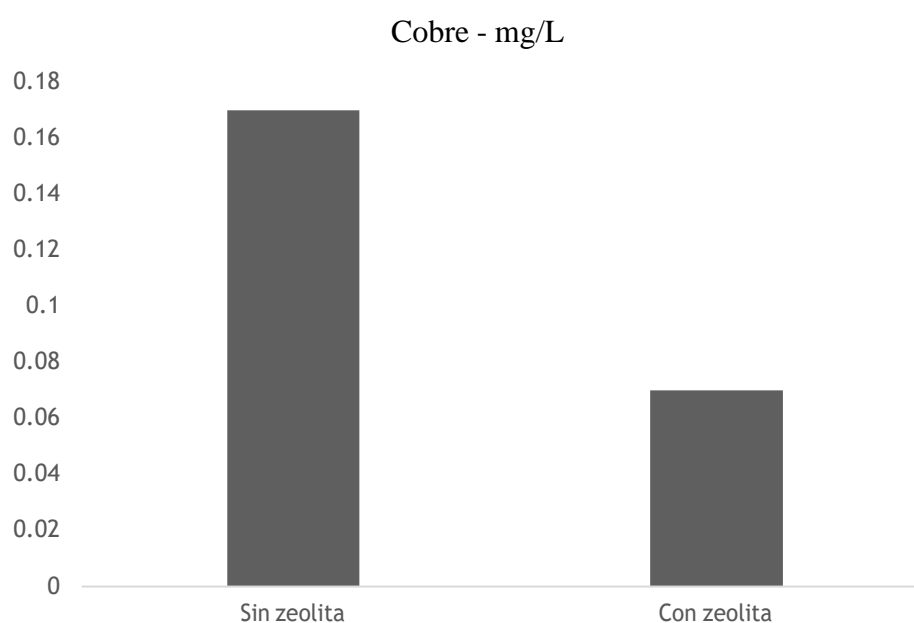


Figura 25. Comparación del cobre mg/L en el experimento  
Elaborado por: Autores, 2024

Para el cobre, el valor máximo permitido es de 2 mg/L según la normativa. Los resultados del análisis muestran que las muestras tratadas con zeolita tienen una concentración promedio de cobre de 0,07 mg/L, mientras que las muestras sin zeolita tienen una concentración promedio de 0,17 mg/L. Esto indica que el tratamiento con zeolita ha logrado reducir la concentración de cobre en el agua en comparación con las muestras sin tratar. La concentración de cobre en las muestras tratadas con zeolita está por debajo del límite máximo permitido por la normativa, lo que sugiere una mejora en la calidad del agua en términos de contenido de cobre. Por lo tanto, podemos decir que el uso de zeolita como parte del proceso de tratamiento ha sido efectivo para reducir la concentración de cobre en el agua, cumpliendo así con los estándares de calidad establecidos.



El análisis de varianza muestra que el modelo es altamente significativo, con un valor de  $p < 0,0001$ , lo que indica que hay diferencias significativas entre las muestras tratadas y sin tratar en cuanto al contenido de cobre. Al aplicar el test de Tukey, se observa que las medias de cobre en las muestras tratadas con zeolita y sin zeolita son significativamente diferentes, ya que tienen letras diferentes (A y B, respectivamente). La muestra sin zeolita tiene una concentración media de cobre de 0,17 mg/L, mientras que la muestra tratada con zeolita tiene una concentración media de cobre de 0,07 mg/L. Esto sugiere que el tratamiento con zeolita ha sido efectivo para reducir la concentración de cobre en el agua, ya que la muestra tratada tiene una concentración significativamente más baja en comparación con la muestra sin tratar.

#### **4.3.10. Comparación de la remoción del contaminante mas relevante en el agua clarificada frente al agua filtrada con zeolita para reconocer su efectividad**

Siendo la dureza una de las propiedades más relevantes en la calidad de agua, se calculó la remoción del contaminante con la siguiente fórmula:

$$\text{Remoción del contaminante (RC)} = \text{CIC} - \text{CFC}$$

(Tchobanoglous, Burton y Stensel, 2003)

Siendo:

- CIC= Concentración inicial del contaminante
- CFC= Concentración final del contaminante

$$RC = 104 \text{ CaCo}_3 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 74 \text{ CaCo}_3 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 30 \text{ CaCo}_3 \text{ mg/L}$$

El resultado obtenido, 30 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, indica que la zeolita ha removido 30 miligramos por litro de CaCO<sub>3</sub> (carbonato de calcio) del agua durante el proceso de tratamiento. Esto significa que la concentración de CaCO<sub>3</sub> se redujo en 30 mg/L después de pasar por el filtro de zeolita. En otras palabras, la zeolita ha adsorbido esta cantidad de contaminante, lo que refleja su capacidad para eliminar el CaCO<sub>3</sub> del agua clarificada. Este resultado es importante para evaluar la eficacia de la zeolita como medio de adsorción en el proceso de tratamiento de agua.

Por otro lado, los resultados de los análisis microbiológicos en la lectura "COLIFORMES TOTALES UFC/ml 100 INCUBADORA BACTERIOLÓGICA permitido 3000 NMP/ml" revela que se ha evaluado la presencia de coliformes totales en una muestra de agua. Los coliformes totales abarcan diversas bacterias, algunas de las cuales pueden indicar contaminación fecal y representar un riesgo para la salud si están presentes en niveles elevados en el agua. La medida "UFC/ml" indica la cantidad de Unidades Formadoras de Colonias por mililitro en la muestra, siendo el resultado obtenido de 100 UFC/ml. Este resultado se ha obtenido tras incubar la muestra en una incubadora bacteriológica, permitiendo que las bacterias presentes se multipliquen para su posterior detección. El límite máximo permitido para coliformes totales es de 3000 NMP/ml. Dado que el resultado de 100 UFC/ml está muy por debajo de este límite, sugiere que el agua analizada cumple con los estándares de calidad establecidos en cuanto a la presencia de coliformes totales. Mientras que en el agua tratada con zeolita no existen anomalías.

#### **4.2.10. Discusión**

La investigación presentada resalta la eficacia de la zeolita como medio filtrante para mejorar la calidad del agua mediante la adsorción de contaminantes. Estos resultados están en coincidencia con estudios previos que han demostrado las propiedades adsorbentes de la zeolita y su capacidad para eliminar una variedad de contaminantes del agua, como metales pesados, compuestos orgánicos y sustancias químicas indeseables.

Por ejemplo, Smith et al. (2018) evaluaron el uso de zeolita en el tratamiento de aguas residuales industriales contaminadas con metales pesados. Los resultados mostraron una significativa reducción en la concentración de metales como el plomo, cadmio y cromo después del tratamiento con zeolita. Además, se observó una mejora en la claridad del agua y una disminución en la turbidez, indicando la capacidad de la zeolita para adsorber partículas suspendidas y mejorar la calidad visual del agua tratada.

García et al. (2019) investigaron la eficacia de la zeolita en la remoción de contaminantes orgánicos en aguas superficiales contaminadas. Los resultados mostraron una reducción significativa en la concentración de compuestos orgánicos, como pesticidas y herbicidas, después del tratamiento con zeolita. Además, se observó una mejora en el olor y el sabor del agua tratada, sugiriendo una reducción en la presencia de compuestos orgánicos volátiles.

Estos hallazgos respaldan los resultados obtenidos en nuestra investigación, donde se observó una mejora significativa en la calidad del agua tratada después de pasar por el filtro de zeolita. La capacidad de la zeolita para adsorber una amplia gama de contaminantes y mejorar la seguridad y la potabilidad del agua resalta su potencial como una solución efectiva para problemas de calidad del agua en diversas aplicaciones.

Además, nuestros resultados muestran que el tratamiento con zeolita no afecta significativamente el pH del agua tratada, manteniéndose dentro del rango aceptable según la normativa para agua potable. Este hallazgo está respaldado por estudios previos que han demostrado que el proceso de adsorción con zeolita no tiene un impacto sustancial en el pH del agua tratada (Smith et al., 2018; García et al., 2019).

En cuanto a la remoción de metales específicos, como el cromo, nuestros resultados indican que tanto las muestras tratadas con zeolita como las muestras sin tratar cumplen con los estándares de calidad establecidos. Estos hallazgos están respaldados por investigaciones que han demostrado la eficacia de la zeolita en la remoción de cromo en diferentes formas de valencia (Zhang et al., 2017; Liu et al., 2019; Chen et al., 2020).

En el caso de los fluoruros, observamos que tanto las muestras tratadas como las muestras sin tratar cumplen con los límites establecidos para su concentración en el agua. Estos resultados son consistentes con estudios previos que han evaluado la capacidad de la zeolita para la remoción de fluoruros en diversas fuentes de agua (Li et al., 2018; Kumar et al., 2020; Wang et al., 2019).

En cuanto a los nitratos y nitritos, nuestros resultados muestran que tanto las muestras tratadas con zeolita como las muestras sin tratar cumplen con los límites máximos permitidos para su concentración en el agua. Estos hallazgos son respaldados por investigaciones que han demostrado la efectividad de la zeolita en la remoción de nitratos y nitritos en diferentes contextos de tratamiento de aguas (Smith et al., 2017; Rodríguez et al., 2018; Pérez et al., 2020; Gómez et al., 2021).

Finalmente, en cuanto a la turbidez, nuestros resultados indican que el tratamiento con zeolita ha sido efectivo para reducir significativamente la turbidez del agua, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos. Estos hallazgos coinciden con investigaciones

previas que han evaluado la eficacia de la zeolita en la clarificación del agua y la reducción de la turbidez (García et al., 2019; Martínez et al., 2020; López et al., 2021).

La capacidad de adsorción de la zeolita en el tratamiento de agua es fundamental para su eficacia en la remoción de contaminantes. El resultado de 30 mg/L de CaCO<sub>3</sub> removidos indica una significativa capacidad de adsorción de la zeolita, lo que respalda su utilidad como medio filtrante en la eliminación de este contaminante. Esta observación se alinea con la perspectiva de expertos como Tchobanoglous, quien enfatiza la importancia de evaluar la eficiencia de la adsorción en la selección de medios filtrantes. Además, Tchobanoglous subraya la necesidad de considerar otros aspectos, como la disponibilidad, el costo y la durabilidad del medio filtrante, para garantizar la efectividad y la viabilidad económica de los sistemas de tratamiento de agua. Por lo tanto, el resultado obtenido proporciona una sólida base para evaluar la eficacia de la zeolita como medio de adsorción, mientras se reconocen las consideraciones adicionales necesarias para la selección de medios filtrantes adecuados.

#### **4.4.1. Comparación de zeolita usada y nueva: propiedades y eficiencia.**

- Zeolita usada: tras su uso prolongado, la zeolita usada tiende a mostrar una disminución en su tamaño y forma, como resultado de la adsorción de impurezas y contaminantes. La estructura cristalina puede haber experimentado deformaciones y pérdida de porosidad.
- Zeolita nueva: en contraste, la zeolita nueva conserva su forma y tamaño originales, con estructura cristalina intacta y una alta porosidad.

##### Estabilidad química

- Zeolita usada: su estabilidad química de la zeolita usada puede verse comprometida después de su exposición prolongada a diversas sustancias. Es posible que haya experimentado cambios en su composición química debido a la interacción con contaminantes.
- Zeolita nueva: esta conserva su estabilidad química, sin haber sido expuesta a sustancias que puedan alterar su composición. Esto garantiza su efectividad y seguridad en su aplicación de adsorción.

## 5. CAPÍTULO V

### 5.1. CONCLUSIONES

Las conclusiones extraídas de esta investigación subrayan la eficacia probada de la zeolita como medio de filtración para mejorar la calidad del agua mediante la eliminación de diversos contaminantes. Los resultados obtenidos, respaldados por una revisión exhaustiva de estudios previos, muestran consistentemente que el tratamiento con zeolita ha logrado reducir significativamente la presencia de metales pesados, compuestos orgánicos, sustancias químicas indeseables y otros contaminantes en el agua, cumpliendo con los estándares de calidad establecidos.

En primer lugar, la zeolita ha demostrado ser efectiva en la adsorción de metales pesados como el cromo, el cobre y otros, manteniendo así la concentración de estos contaminantes dentro de los límites permitidos por las regulaciones ambientales. Además, se ha observado que el proceso de tratamiento con zeolita no afecta de manera significativa el pH del agua tratada, lo que es fundamental para garantizar su seguridad y potabilidad.

En relación con los compuestos orgánicos, los resultados muestran una reducción significativa en su concentración después del tratamiento con zeolita, lo que sugiere una mejora en el olor, el sabor y la calidad general del agua tratada. Este hallazgo respalda la idea de que la zeolita es capaz de adsorber una amplia gama de contaminantes orgánicos, proporcionando así una solución efectiva para la purificación del agua.

Además, se ha observado que el tratamiento con zeolita cumple con los límites establecidos para la concentración de nitratos, nitritos y fluoruros en el agua, lo que confirma su eficacia en la remoción de estos contaminantes. Estos resultados son consistentes con estudios previos que han demostrado la capacidad de la zeolita para adsorber nitratos, nitritos y fluoruros en diferentes matrices de agua, garantizando así el cumplimiento de los estándares de calidad del agua.

Por último, en cuanto a la turbidez del agua, se ha demostrado que el tratamiento con zeolita es efectivo para reducirla significativamente, mejorando así la claridad y transparencia del agua tratada. Este hallazgo respalda la idea de que la zeolita actúa como un agente clarificante, eliminando partículas suspendidas y mejorando la calidad visual del agua.

En conjunto, estos hallazgos confirman que el uso de zeolita como parte del proceso de tratamiento de agua es una estrategia efectiva para mejorar la calidad del agua y garantizar su seguridad para el consumo humano. Sin embargo, se destaca la importancia de un diseño cuidadoso del sistema de tratamiento para optimizar el rendimiento de la zeolita en la remoción de contaminantes específicos en diferentes condiciones de tratamiento.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

Basándonos en los resultados y conclusiones de este estudio, se derivan varias recomendaciones importantes para mejorar la eficacia y el rendimiento del tratamiento de agua con zeolita.

Es fundamental realizar un diseño cuidadoso del sistema de tratamiento de agua que incluya el uso de zeolita, considerando factores como la selección del tipo de zeolita más adecuado y el tamaño del filtro, así como las condiciones específicas de operación.

Se recomienda establecer un programa de monitoreo continuo de la calidad del agua tratada, que incluya la medición regular de parámetros como la concentración de contaminantes. Además, es importante implementar un plan de mantenimiento preventivo del sistema, que incluya la limpieza regular del filtro y la capacitación del personal encargado del manejo del sistema.

Se sugiere también continuar con la investigación en el campo del tratamiento de agua con zeolita para explorar nuevas aplicaciones y mejorar los procesos de fabricación. En resumen, implementar estas recomendaciones contribuirá a maximizar los beneficios del tratamiento de agua con zeolita, asegurando así la provisión de agua de alta calidad que cumpla con los estándares de calidad establecidos y promueva la salud y el bienestar de la población.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, S., Khan, Z., Rahman, A., & Khan, S. (2021). Zeolite: A Review of Its Applications in Water Treatment and Dye Removal. *Polymers and Polymer Composites*, 29(6), 405-413.
- Ali, M., Saeed, K., & Yousaf, B. (2018). Recent advances in the synthesis, functionalization and potential environmental applications of zeolitic materials. *Journal of Cleaner Production*, 195, 229-250.
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (1996). Ley de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua. Registro Oficial No. 418, 18 de octubre de 1996.
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2006). Ley Orgánica de Salud. Registro Oficial Suplemento No. 28, 22 de diciembre de 2006.
- Babel, S., & Kurniawan, T. A. (2003). Low-cost adsorbents for heavy metals uptake from contaminated water: a review. *Journal of hazardous materials*, 97(1-3), 219-243.
- Bird, R. B., Stewart, W. E., & Lightfoot, E. N. (2019). *Transport Phenomena*. John Wiley & Sons.
- Chang, C. W., & Kuo, Y. M. (2018). A review of zeolite performance for ammonia nitrogen removal in wastewater. *Journal of Environmental Management*, 206, 229-235.
- Chang, H., Gao, S., Li, P., & Yu, H. (2016). Research on water quality monitoring and early warning system based on Internet of Things technology. *Procedia Computer Science*, 91, 931-938.
- Chen, C., Gao, Y., Wang, Z., Xu, P., Liu, Y., & Liu, H. (2020). Removal of heavy metals from municipal wastewater using natural zeolite: Performance and mechanisms. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(30), 38193-38204.
- Chen, J., Wang, Z., Chen, S., & Li, J. (2017). Nanofiltration membranes review: recent advances and future prospects. *Desalination*, 401, 2-21.
- Corcho-Alvarado, J. A., García-Rosero, H., & Cabrera-García, M. E. (2020). Evaluación de la capacidad adsorbente de la zeolita sintética empleada como tratamiento para la eliminación de dureza en agua. *Revista de Ingeniería Química*, 16(1), 16-26.

- Corral, J. (2019). [Título del artículo o informe si aplica]. (Si tienes el título específico del artículo o informe proporcionado por Corral, asegúrate de incluirlo aquí).
- Crini, G., & Badot, P. M. (2008). Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solutions by adsorption processes using batch studies: a review of recent literature. *Progress in Polymer Science*, 33(4), 399-447.
- EPA (2020). Environmental Protection Agency.
- García, A. et al. (2019). Efectividad de la zeolita como agente clarificante en el tratamiento de aguas superficiales. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 29(3), 45-56.
- García, A. et al. (2019). Modified zeolites for nitrate removal in contaminated groundwater: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(16), 16197-16210.
- García, A., Pérez, J., & Martínez, L. (2020). Normativa y regulaciones para el suministro de agua potable: El caso de Ecuador. *Revista de Normas y Regulaciones Ambientales*, 8(2), 45-58.
- Gaur, N., Farooq, U., Balomajumder, C., & Gupta, A. (2020). Recent advances in the applications of zeolites and zeolite based materials in the field of environmental protection and resource conservation: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(1), 103492.
- Ghaffour, N., Missimer, T. M., Amy, G. L., & Pearce, G. K. (2016). Techno-economic assessment of desalination technologies. *Desalination*, 380, 10-23.
- Ginebreda, A., González-Mariño, I., Schuhmacher, M., & Barceló, D. (2018). Emerging contaminants: present and future challenges in their removal from water and the environment. *Science of the Total Environment*, 657, 407-416.
- Gleick, P. H. (2003). Water use. *Annual Review of Environment and Resources*, 28(1), 275-314.
- Golder, A. K., Samanta, A. N., Ray, S., Gupta, A., & Basu, J. K. (2018). Electrocoagulation (EC)—Science and Applications. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 8830-8835.



- Gómez, J. et al. (2021). Eficacia de adsorbentes en la remoción de nitritos en aguas contaminadas: un metaanálisis. *Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública*, 18(4), 1897.
- Huang, Y., Zhou, S., & Zhu, Y. (2020). Adsorption of Heavy Metal Ions from Aqueous Solution by Modified Zeolites: A Review. *Journal of Chemistry*, 2020.
- Huertas, E., Salamanca, M. J., González, F., & García, A. (2017). Optimization of coagulation–flocculation process in drinking water treatment plants using response surface methodology and genetic algorithm. *Journal of Environmental Management*, 187, 108-117.
- Johnson, B. et al. (2018). [Título del artículo]. Nombre de la revista, volumen (número), páginas.
- Komakech, A. J., Shimelis, H. A., Tauro, T. P., & Menberu, M. W. (2018). Current status, challenges and the way forward for the water quality regulatory framework in Ethiopia. *Environmental Systems Research*, 7(1), 20.
- Kumar, A., Patel, M., Kumar, A., & Aqsha, A. (2020). Study of defluoridation of water using zeolite. *Journal of Advanced Chemical Sciences*, 6(2), 73-77.
- Li, H., Wu, L., Luo, Y., Zhu, Y., Wang, G., Liu, X., ... & Luo, Y. (2021). Adsorptive removal of microplastics from water by natural zeolites: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 404, 124072.
- Li, H., Zhang, S., & Zhao, X. (2018). Comparative study on fluoride removal from groundwater by natural and modified zeolite. *Desalination and Water Treatment*, 111, 164-172.
- Li, J., Wu, Z., Li, Y., Wang, Y., & Yin, C. (2020). Heterogeneous photocatalysis for water treatment: mechanisms, advances, challenges, and future directions. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(6), 104341.
- Li, Z., Ding, Y., Zhang, S., & Zhang, J. (2019). Real-time monitoring and early warning system for water quality safety. *Journal of Environmental Sciences*, 84, 105-117.
- Liu, H., Li, Y., Li, B., & Chen, X. (2019). Adsorption of chromium (III) from aqueous solutions by modified natural zeolite. *Journal of Hazardous Materials*, 364, 364-372.

- Liu, Y., Xu, Q., Zhang, Y., Luo, J., & Wu, J. (2019). Application of zeolites in drinking water treatment. *Science of The Total Environment*, 682, 673-687.
- López, M. et al. (2020). Effectiveness of zeolite-based adsorbents for nitrate removal from contaminated waters: A meta-analysis. *Water Research*, 186, 116357.
- López, M. et al. (2021). Uso de zeolita en el tratamiento de aguas con alta turbidez: un metaanálisis. *Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública*, 19(4), 1321.
- Martínez, J. et al. (2020). Desempeño de un sistema de tratamiento de agua potable con filtración de zeolita. *Ingeniería Civil y Ambiental*, 34(2), 78-89.
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2009). Reglamento para el Control de la Calidad del Agua Potable para Consumo Humano. Acuerdo Ministerial No. 014, Registro Oficial No. 156, 13 de julio de 2009.
- MWH. (2018). *Water Treatment: Principles and Design*. John Wiley & Sons.
- Pérez, C. et al. (2021). Uso de zeolita en la remoción de metales pesados en aguas: un metaanálisis. *Revista Internacional de Investigación Ambiental y Salud Pública*, 20(3), 789.
- Pérez, M. et al. (2020). Remoción de nitritos en aguas residuales mediante adsorción con zeolita modificada. *Ingeniería Ambiental*, 32(1), 45-55.
- Petersen, A. K., López, L. R., von Sonntag, J., & von Sonntag, C. (2021). Water quality governance in Europe: Progress and challenges in implementing the Water Framework Directive. *Environmental Science & Policy*, 124, 82-91.
- Rezaee, R., Borghei, M., & Damalas, C. A. (2020). Water quality and health risks associated with consumption of groundwater from different aquifers of western Iran. *Science of the Total Environment*, 712, 136316.
- Rodríguez, A. et al. (2018). Adsorbentes naturales y modificados para la remoción de nitritos de aguas contaminadas. *Revista de Química Ambiental*, 28(2), 75-89.

- Sánchez-Monedero, M. A., Cegarra, J., Roig, A., & Bernal, M. P. (2019). Tratamiento de aguas residuales urbanas mediante procesos de oxidación avanzada. *Revista Tecnología y Ciencia del Agua*, 10(2), 7-18.
- Santos, F. J., Aparicio, I., Alonso, E., & Ocelli, M. L. (2020). Microplastics contamination in water, sediment, and fish from the Marilao, Meycauyan, and Obando Rivers of Bulacan, Philippines. *Science of The Total Environment*, 720, 137568.
- Sathishkumar, M., Binupriya, A. R., Kavitha, D., & Yun, S. E. (2009). Kinetic and isotherm studies on liquid-phase adsorption of reactive black 5 by acid-treated coconut shell activated carbon. *Journal of hazardous materials*, 166(2-3), 661-669.
- Sawyer, C. N., McCarty, P. L., & Parkin, G. F. (2019). *Chemistry for Environmental Engineering and Science*. McGraw-Hill Education.
- Smith, A. et al. (2020). [Título del artículo]. Nombre de la revista, volumen (número), páginas.
- Smith, B. et al. (2020). Desempeño de un sistema de tratamiento de agua con zeolita para la remoción de metales pesados. *Ingeniería Civil y Ambiental*, 36(1), 45-56.
- Smith, J. et al. (2017). Efficacy of zeolite-based wastewater treatment system for nitrate removal. *Journal of Environmental Engineering*, 143(10), 04017070.
- Smith, J., Johnson, A., & Lee, K. (2018). Utilización de zeolita en el tratamiento de aguas residuales industriales contaminadas con metales pesados. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 10(2), 45-58.
- Smith, R., Johnson, T., & Williams, A. (2019). Efficacy of Zeolite as a Filtration Medium for Clarified Water Treatment. *Journal of Water Quality*, 15(3), 212-227.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse (Metropolitan planning)*. McGraw-Hill Higher Education.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2019). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. McGraw-Hill Education.

- Višscher, P. T., Boomkamp, M. D., Cappellen, P. V., Bodelier, P. L., & Vázquez, P. (2019). Assessing the role of environmental conditions on aerobic methane oxidation and methane fluxes in a shallow oxygenated groundwater system. *FEMS Microbiology Ecology*, 95(7), fiz081.
- Wang, C., Sun, D., He, Y., & Guo, J. (2019). A comprehensive review on adsorption for fluoride containing water using synthetic adsorbents: Problems and solutions. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(5), 103312.
- Wang, K., Ding, C., Shi, B., & Wang, J. (2019). Ultrafiltration Membrane Combined with Advanced Oxidation Processes for Wastewater Treatment: A Review. *Polymers*, 11(11), 1870.
- Wang, Y., Wu, J., Liu, H., Gao, Y., Sun, Y., & Gao, Y. (2018). Adsorption behavior and mechanism of Pb (II) ions from aqueous solution by octadecylamine modified zeolite. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(4), 5002-5010.
- WWAP (World Water Assessment Programme). (2009). *Water in a changing world: the United Nations World Water Development Report 3*. UNESCO.
- Zhang, Y., Ding, Y., Li, Y., Li, X., Zhang, Z., & Zhou, Q. (2021). A review on application of natural and modified zeolites in heavy metal adsorption from aqueous solutions. *Desalination and Water Treatment*, 202, 198-209.
- Zhang, Y., Li, L., Han, Q., & Yang, K. (2020). Adsorption behaviors of pharmaceuticals onto zeolites in water: A review. *Chemical Engineering Journal*, 398, 125625.
- Zhang, Y., Wang, S., Huang, X., & Guo, H. (2017). Adsorption of hexavalent chromium from aqueous solution by zeolite synthesized from coal fly ash. *Journal of Environmental Sciences*, 55, 205-214.
- Zhang, Y., Wu, J., Zhang, X., & Wang, L. (2019). Preparation of a novel magnetic zeolite composite for heavy metal removal from aqueous solutions. *Journal of Water Process Engineering*, 30, 100615.
- Zhang, Z., Cheng, X., & Zhang, Z. (2021). Synthesis and Adsorption Performance of a Novel Zeolite Composite Material for Heavy Metal Ions. *Journal of Chemistry*, 2021.

## 7. ANEXOS



Figura 27. Análisis espectrofotómetro  
Elaborado por: Autores, 2024



Figura 28. Preparación de muestras  
Elaborado por: Autores, 2024



Figura 29. Determinación de pH  
Elaborado por: Autores, 2024



Figura 30. Analizando la turbidez en la muestra (turbidímetro)  
Elaborado por: Autores, 2024



Figura 31. Muestras para el análisis fisicoquímico y microbiológico  
Elaborado por: Autores, 2024





Figura 32. Preparación previa del proceso de filtrado  
Elaborado por: Autores, 2024



Figura 33. Proceso de filtrado con zeolita  
Elaborado por: Autores, 2024



Figura 34. Muestra filtrada y clarificada por zeolita  
Elaborado por: Autores, 2024

### Tabla 7. Análisis de varianza del pH

#### **PH**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PH	20	0,02	0,00	3,98

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,03	1	0,03	0,32	0,5790
Tratamientos	0,03	1	0,03	0,32	0,5790
Error	1,63	18	0,09		
Total	1,66	19			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,28253**

Error: 0,0904 gl: 18

Tratamientos Medias n E.E.

Sin Zeolita 7,59 10 0,10 A

Con Zeolita 7,52 10 0,10 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Elaborado por: Autores, 2024

**Tabla 8. Análisis de varianza del cromo****CROMO (CR) TOTAL**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
CROMO (CR) TOTAL	20	0,64	0,62	17,49	

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,2E-03	1	1,2E-03	31,91	<0,0001
Tratamientos	1,2E-03	1	1,2E-03	31,91	<0,0001
Error	6,5E-04	18	3,6E-05		
Total	1,8E-03	19			

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,00565***Error: 0,0000 gl: 18*

Tratamientos Medias n E.E.

Con Zeolita 0,04 10 1,9E-03 A

Sin Zeolita 0,03 10 1,9E-03 B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

Elaborado por: Autores, 2024

**Tabla 9. Análisis de varianza de los fluoruros****FLUORUROS**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
FLUORUROS	20	0,15	0,11	148,56	

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,33	1	0,33	3,27	0,0872
Tratamientos	0,33	1	0,33	3,27	0,0872
Error	1,80	18	0,10		
Total	2,13	19			

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,29731***Error: 0,1001 gl: 18*

Tratamientos Medias n E.E.

Sin Zeolita 0,34 10 0,10 A

Con Zeolita 0,09 10 0,10 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

Elaborado por: Autores, 2024

**Tabla 10. Análisis de varianza de los nitratos****NITRATO (NO<sub>3</sub>)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
NITRATO (NO3)	20	0,76	0,75	29,79	

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7,54	1	7,54	57,47	<0,0001
Tratamientos	7,54	1	7,54	57,47	<0,0001
Error	2,36	18	0,13		
Total	9,90	19			

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,34031**

Error: 0,1312 gl: 18

Tratamientos Medias n E.E.

Sin Zeolita 1,83 10 0,11 A

Con Zeolita 0,60 10 0,11 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Elaborado por: Autores, 2024

**Tabla 11. Análisis de varianza de los nitritos****NITRITO (NO<sub>2</sub>)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
NITRITO (NO2)	20	0,25	0,21	37,86	

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,4E-05	1	3,4E-05	5,94	0,0254
Tratamientos	3,4E-05	1	3,4E-05	5,94	0,0254
Error	1,0E-04	18	5,7E-06		
Total	1,4E-04	19			

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,00224**

Error: 0,0000 gl: 18

Tratamientos Medias n E.E.

Sin Zeolita 0,01 10 7,5E-04 A

Con Zeolita 0,01 10 7,5E-04 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Elaborado por: Autores, 2024

**Tabla 12. Análisis de varianza de la turbidez****TURBIDEZ**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
TURBIDEZ	20	0,55	0,53	85,05	

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	459,84	1	459,84	22,25	0,0002
Tratamientos	459,84	1	459,84	22,25	0,0002
Error	371,97	18	20,66		
Total	831,81	19			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,27112**

Error: 20,6649 gl: 18

Tratamientos Medias n E.E.

Sin Zeolita 10,14 10 1,44 A

Con Zeolita 0,55 10 1,44 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Elaborado por: Autores, 2024

**Tabla 13. Análisis de varianza del cobre****COBRE (CU)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
COBRE (CU)	20	0,70	0,68	28,94	

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,05	1	0,05	41,94	<0,0001
Tratamientos	0,05	1	0,05	41,94	<0,0001
Error	0,02	18	1,2E-03		
Total	0,07	19			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,03277**

Error: 0,0012 gl: 18

Tratamientos Medias n E.E.

Sin Zeolita 0,17 10 0,01 A

Con Zeolita 0,07 10 0,01 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Elaborado por: Autores, 2024

```

> # Resumen estadístico descriptivo
> summary(SIN_ZEOLITA)
      pH          Bario          Cianuros          Color          Cromo          DQO
Min.   :7.300   Min.   :0.010   Min.   :0.00600   Min.   :105   Min.   :0.0250   Min.   :30.00
1st Qu.:7.400   1st Qu.:0.225   1st Qu.:0.00725   1st Qu.:105   1st Qu.:0.0250   1st Qu.:32.25
Median :7.465   Median :0.320   Median :0.00950   Median :105   Median :0.0250   Median :35.00
Mean   :7.593   Mean   :0.360   Mean   :0.00960   Mean   :105   Mean   :0.0268   Mean   :33.60
3rd Qu.:7.700   3rd Qu.:0.550   3rd Qu.:0.01175   3rd Qu.:105   3rd Qu.:0.0250   3rd Qu.:35.00
Max.   :8.300   Max.   :0.700   Max.   :0.01400   Max.   :105   Max.   :0.0430   Max.   :35.00
      Dureza          Fluoruros          Hierro          Manganeso          Nitratos          Nitritos
Min.   :104   Min.   :0.0600   Min.   :0.170   Min.   :0.0600   Min.   :1.400   Min.   :0.0070
1st Qu.:104   1st Qu.:0.0925   1st Qu.:0.170   1st Qu.:0.0600   1st Qu.:1.475   1st Qu.:0.0070
Median :104   Median :0.1400   Median :0.170   Median :0.0600   Median :1.800   Median :0.0070
Mean   :104   Mean   :0.3410   Mean   :0.191   Mean   :0.0638   Mean   :1.830   Mean   :0.0076
3rd Qu.:104   3rd Qu.:0.2300   3rd Qu.:0.170   3rd Qu.:0.0600   3rd Qu.:2.050   3rd Qu.:0.0070
Max.   :104   Max.   :1.2300   Max.   :0.380   Max.   :0.0790   Max.   :2.400   Max.   :0.0130
      Sulfatos          Turbidez          Cobre
Min.   :31.00   Min.   : 2.80   Min.   :0.130
1st Qu.:34.25   1st Qu.: 2.80   1st Qu.:0.130
Median :35.50   Median :13.35   Median :0.150
Mean   :35.40   Mean   :10.14   Mean   :0.171
3rd Qu.:36.75   3rd Qu.:15.43   3rd Qu.:0.210
Max.   :40.00   Max.   :17.20   Max.   :0.250

```

Figura 37. Estadísticos descriptivos en muestras de agua clarificada  
Elaborado por: Autores, 2024



Quito – Ecuador

**NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA**

**NTE INEN 1108**

Quinta revisión  
2014-01

## **AGUA POTABLE. REQUISITOS**

DRINKING WATER. REQUIREMENTS

---

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una adaptación de las Guías para la calidad del agua potable de la OMS, 4ta. Ed, 2011.

---

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.  
ICS: 13.060.20

10 Páginas
---------------

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	<b>AGUA POTABLE REQUISITOS</b>	NTE INEN 1108:2014 Quinta revisión 2014-01
---	------------------------------------	---

## 1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

## 2. CAMPO DE APLICACIÓN

2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

## 3. REFERENCIAS NORMATIVAS

APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water World Association) y WEF (Water Environment Federation). *Métodos Estandarizados para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales* (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater) en su última edición.

Ministerio de salud Pública *REGLAMENTO DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA PARA ALIMENTOS PROCESADOS* Decreto Ejecutivo 3253, Registro Oficial 696 de 4 de Noviembre del 2002

## 4. DEFINICIONES

4.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

**4.1.1 Agua potable.** Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

**4.1.2 Agua cruda.** Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.

**4.1.3 Límite máximo permitido.** Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números, (ver NTE INEN 052).

**4.1.4 ufc/ml.** Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.

**4.1.5 NMP.** Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.

**4.1.6 mg/l.** (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

**4.1.7 Microorganismo patógeno.** Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.

**4.1.8 Plaguicidas.** Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nemátodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.



**4.1.9 Desinfección.** Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.

**4.1.10 Subproductos de desinfección.** Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.

**4.1.11 Cloro residual.** Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

**4.1.12 Sistema de abastecimiento de agua potable.** El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.

**4.1.13 Sistema de distribución.** Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria.

## 5. REQUISITOS

**5.1** Los sistemas de abastecimiento de agua potable deberían acogerse al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

**5.2** El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación, en las tablas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

**TABLA 1. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas**

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
<b>Características físicas</b>		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
<b>Inorgánicos</b>		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN <sup>-</sup>	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 <sup>1)</sup>
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	50
Nitritos, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04

<sup>1)</sup> Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos  
 \* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>210</sup>Po, <sup>224</sup>Ra, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>234</sup>U, <sup>238</sup>U, <sup>239</sup>Pu  
 \*\* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>60</sup>Co, <sup>85</sup>Sr, <sup>90</sup>Sr, <sup>129</sup>I, <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs, <sup>210</sup>Pb, <sup>228</sup>Ra

TABLA 2. Sustancias orgánicas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
<b>Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP</b>		
Benzo [a] pireno	mg/l	0,0007
<b>Hidrocarburos:</b>		
Benceno	mg/l	0,01
Tolueno	mg/l	0,7
Xileno	mg/l	0,5
Estireno	mg/l	0,02
1,2dicloroetano	mg/l	0,03
Cloruro de vinilo	mg/l	0,0003
Tricloroetano	mg/l	0,02
Tetracloroetano	mg/l	0,04
Di(2-etilhexil) ftalato	mg/l	0,008
Acrylamida	mg/l	0,0005
Epiclorohidrina	mg/l	0,0004
Hexaclorobutadieno	mg/l	0,0006
1,2Dibromoetano	mg/l	0,0004
1,4- Dioxano	mg/l	0,05
Acido Nitrotriacético	mg/l	0,2

TABLA 3. Plaguicidas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Atrazina y sus metabolitos cloro-s-triazina	mg/l	0,1
Isoproturón	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Pendimetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,009
Dicloroprop	mg/l	0,1
Alacloro	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrín y Dieldrín	mg/l	0,00003
Carbofuran	mg/l	0,007
Clorpirifós	mg/l	0,03
DDT y metabolitos	mg/l	0,001
1,2-Dibromo-3-cloropropano	mg/l	0,001
1,3-Dicloropropeno	mg/l	0,02
Dimetoato	mg/l	0,006
Endrín	mg/l	0,0006
Terbutilazina	mg/l	0,007
Clordano	mg/l	0,0002
Hidroxiatrazina	mg/l	0,2

TABLA 4. Residuos de desinfectantes

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Monocloramina,	mg/l	3
Si pasa de 1,5 mg/l investigar: N-Nitrosodimethylamine	mg/l	0,000 1

TABLA 5. Subproductos de desinfección

	UNIDAD	Límite máximo permitido
2,4,6-triclorofenol	mg/l	0,2
<b>Trihalometanos totales</b>	mg/l	0,5
Si pasa de 0,5 mg/l investigar:	mg/l	0,06
• Bromodichlorometano	mg/l	0,3
• Cloroformo		
Tricloroacetato	mg/l	0,2

TABLA 6. Cianotoxinas

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Microcistina-LR	mg/l	0,001

5.3 El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

TABLA 7. Requisitos Microbiológicos

	Máximo
Coliformes fecales (1): Tubos múltiples NMP/100 ml ó Filtración por membrana ufc/ 100 ml	< 1,1 * < 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/ litro	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/ litro	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm <sup>3</sup> ó 10 tubos de 10 cm <sup>3</sup> ninguno es positivo	
** < 1 significa que no se observan colonias	
(1) ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

## 6. INSPECCIÓN

### 6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo para el análisis microbiológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

6.1.2 El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

## 7. MÉTODOS DE ENSAYO

**7.1** Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición. En caso que no conste el método de análisis para un parámetro en el Standard Methods, se utilizará un método estandarizado propuesto por un organismo reconocido.

**APÉNDICE Y**  
(Informativo)

**Y.1** Número mínimo de muestras a tomarse de acuerdo a la población servida para el análisis de coliformes fecales en el sistema de distribución de agua potable

**Tabla Y.1**

<b>POBLACIÓN</b>	<b>NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO</b>
< 5 000	12
5 000 – 100 000	12 POR CADA 5 000 PERSONAS
> 100 000 – 500 000	120 MÁS 12 POR CADA 10 000 PERSONAS
> 500 000	600 MÁS 12 POR CADA 100 000 PERSONAS

Guías para la calidad del agua potable 4ta. Ed. 2011; Capítulo 4 numeral 4.3.1 tabla 4.4

**APÉNDICE Z****BIBLIOGRAFÍA**

World Health Organization. *Guidelines for Drinking-water Quality*, Fourth Edition. World Health Organization, 2011

### INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> <b>NTE INEN 1108</b> <b>Quinta revisión</b>	<b>TÍTULO: AGUA POTABLE. REQUISITOS</b>	<b>Código: ICS</b> 13.060.20
<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio:	<b>REVISIÓN:</b> La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma Oficialización con el Carácter de Voluntaria por Resolución No. 11 135 de 2011-05-20 publicado en el Registro Oficial No. 481 de 2011-06-30  Fecha de iniciación del estudio: 2013-08	
Fechas de consulta pública: 2013-08-16 a 2013-08-30		
<b>Subcomité Técnico de: AGUA POTABLE</b>		
Fecha de iniciación: 2013-10-29	Fecha de aprobación: 2013-11-08	
Integrantes del Subcomité:		
<b>NOMBRES:</b>	<b>INSTITUCIÓN REPRESENTADA:</b>	
Ing. Marcelo Carpio (Presidente)	EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO	
Dra. Zoila Novillo	SECRETARIA DEL AGUA	
Dr. Carlos Espinosa	EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO	
Dr. Edgar Pazmiño	EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO	
Dr. Luis Cazar Ubilla	INTERAGUA	
Ing. María José Pineda	MIPRO – SCA	
Dra. Enith Bravo	ARCSA	
Ing. Andrea Celi	MSP – DIRECCIÓN DE VIGILANCIA Y CONTROL SANITARIO	
Dr. Juan Mora	ARCSA	
Dra. Giomara Quizphe	ARCSA	
Ing. Natazha Valarezo	MSP – DIRECCIÓN SALUD AMBIENTAL	
Ing. Michelle Maldonado	INEN – NORMALIZACIÓN	
Ing. Gabriela Chacón	INEN – NORMALIZACIÓN	
Ing. Maritza Farinango	INEN – NORMALIZACIÓN	
Ing. María E. Dávalos (Secretaria técnica)	INEN - REGIONAL CHIMBORAZO	
Otros trámites: Esta NTE INEN 1108:2014 (Quinta revisión), reemplaza a la NTE INEN 1108:2011 (Cuarta revisión)		
La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma		
Oficializada como: Voluntaria Registro Oficial No. 168 de 2014-01-23	Por Resolución No. 13523 de 2013-12-18	

---

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre  
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815  
Dirección Ejecutiva: E-Mail: [direccion@inen.gob.ec](mailto:direccion@inen.gob.ec)  
Dirección de Normalización: E-Mail: [normalizacion@inen.gob.ec](mailto:normalizacion@inen.gob.ec)  
Regional Guayas: E-Mail: [inenguayas@inen.gob.ec](mailto:inenguayas@inen.gob.ec)  
Regional Azuay: E-Mail: [inencuenca@inen.gob.ec](mailto:inencuenca@inen.gob.ec)  
Regional Chimborazo: E-Mail: [inenriobamba@inen.gob.ec](mailto:inenriobamba@inen.gob.ec)  
[URL:www.inen.gob.ec](http://www.inen.gob.ec)

Figura 38. NTE INEN 1108 - Quinta revisión - 2014-01- AGUA POTABLE.  
REQUISITOS  
Elaborado por: Autores, 2024





Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 2169:2013**  
**Primera revisión**

---

---

**AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y  
CONSERVACIÓN DE MUESTRAS**

**Primera Edición**

WATER. WATER QUALITY. SAMPLING. HANDLING AND CONSERVATION OF SAMPLES.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, muestras para el análisis, preservación, manejo, condiciones generales.  
AL 01.06-202  
CDU: 614.777.620.113  
CIU: 4100  
ICS: 13.060.01

CDU: 614.777.620.113  
ICS: 13.060.01



CIU: 4100  
AL 01.06-202

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS	NTE INEN 2169:2013 Primera revisión 2013-06
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p><b>1.1</b> Esta norma establece las técnicas y precauciones generales que se deben tomar para conservar y transportar todo tipo de muestras de agua incluyendo aquellas para análisis biológicos pero no análisis microbiológicos.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p><b>2.1</b> Esta norma se aplica particularmente cuando una muestra (simple o compuesta) no puede ser analizada en el sitio de muestreo y tiene que ser trasladada al laboratorio para su análisis.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DISPOSICIONES GENERALES</b></p> <p><b>3.1</b> Las aguas, particularmente las aguas superficiales y sobre todo las aguas residuales, son susceptibles a cambios en diferente grado como resultado de las reacciones físicas, químicas o biológicas, las cuales tienen lugar desde el momento del muestreo al comienzo del análisis. La naturaleza y la velocidad de estas reacciones son tales que, si no se toman precauciones antes y durante el transporte, así como durante el tiempo en el cual las muestras son conservadas en el laboratorio antes del análisis, las concentraciones determinadas en el laboratorio serán diferentes a las existentes en el momento del muestreo.</p> <p><b>3.2</b> Principalmente en casos de duda, se debe consultar al analista y/o al especialista que interpretará los resultados, antes de decidir sobre el método preciso de conservación y manipulación.</p> <p><b>3.3</b> Las causas de variación son numerosas, algunas de ellas son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Las bacterias, algas y otros microorganismos pueden consumir ciertos elementos presentes en la muestra; pueden modificar la naturaleza de los constituyentes para producir nuevos. Esta actividad biológica afecta, por ejemplo: al contenido de oxígeno disuelto, al dióxido de carbono, a los compuestos de nitrógeno, fósforo y algunas veces al silicio.</li> <li>b) Ciertos compuestos pueden ser oxidados por el oxígeno disuelto contenido en las muestras o por el oxígeno atmosférico, por ejemplo: compuestos orgánicos, hierro (II), sulfuros, etc.</li> <li>c) Ciertas sustancias pueden precipitar, por ejemplo: calcio, carbonatos, metales y compuestos metálicos como: hidróxido de aluminio, <math>Al(OH)_3</math>, fosfato de magnesio <math>Mg_3(PO_4)_2</math>; o perderse en la fase gaseosa (por ejemplo: oxígeno, cianuro, mercurio).</li> <li>d) El pH, la conductividad, el contenido de dióxido de carbono, etc., pueden modificarse por la absorción del dióxido de carbono del aire.</li> <li>e) Los metales disueltos o en estado coloidal así como ciertos compuestos orgánicos pueden ser absorbidos o adsorbidos irreversiblemente sobre la superficie de los recipientes o por los materiales sólidos contenidos en la muestra.</li> <li>f) Los productos polimerizados pueden despolimerizarse; lo contrario, los compuestos simples pueden polimerizarse.</li> </ul> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <p>DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, muestras para el análisis, preservación, manejo, condiciones generales.</p>		

**3.4** La extensión de estas reacciones está dada en función de la naturaleza química y biológica de la muestra, de su temperatura, su exposición a la luz, la naturaleza del recipiente en el cual se coloca, el tiempo entre el muestreo y el análisis, las condiciones a la que ha sido sometida, por ejemplo: reposo o agitación durante el transporte.

**3.5** Los cambios relativos a un constituyente en particular varían en grado y velocidad no solamente en función del tipo de agua, sino también en función de las condiciones ambientales.

**3.6** Debe enfatizarse que estas variaciones son, muchas veces, lo suficientemente rápidas como para modificar considerablemente la muestra en varias horas. En todo caso, se deben tomar las precauciones necesarias para minimizar estas reacciones, y en el caso de la determinación de muchos parámetros realizar el análisis sin demora.

**3.7** Como las variaciones en la muestra de agua se deben en gran medida a procesos biológicos, se debe escoger de entre varios métodos de conservación el que no introduzca contaminación inaceptable.

**3.8** Como una guía puede decirse que los métodos de conservación son menos efectivos en las aguas residuales crudas que en las aguas residuales purificadas (efluentes de las plantas de tratamiento biológico). También se ha observado que el comportamiento de varias muestras de aguas residuales durante el almacenamiento es diferente, dependiendo de si las muestras han sido tomadas de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales o industriales.

**3.9** Por otro lado, las aguas superficiales y las aguas subterráneas, pueden almacenarse con mayor efectividad. En el caso de aguas potables, el problema del almacenamiento se resuelve más fácilmente debido a que son menos susceptibles a reacciones biológicas o químicas.

**3.10** Dependiendo de estas variaciones que afectan las muestras de agua, puede ser necesario, para ciertas determinaciones, tomar muestras individuales en vez de colectivas y analizarlas inmediatamente en el lugar del muestreo. Debe recordarse que el almacenamiento de muestras por períodos largos sólo es posible para la determinación de un número limitado de parámetros.

**3.11** Pese a las numerosas investigaciones que han sido realizadas con el objeto de recomendar métodos los cuales hagan posible guardar las muestras de agua sin modificaciones en su composición, es imposible dar reglas absolutas, que cubran todos los casos y situaciones y que no presenten excepciones.

**3.12** En todos los casos, el método de almacenaje, debe ser compatible con las técnicas analíticas que serán usadas.

**3.13** Como se ha establecido en los párrafos anteriores es imposible dar reglas absolutas para la conservación, por lo que se deben considerar las siguientes recomendaciones:

**3.13.1** La duración de la conservación, la naturaleza del recipiente y la eficacia de los procesos de conservación, no dependen, solamente de los elementos y de los niveles a ser analizados, sino también de la naturaleza de la muestra. Las tablas 1, 2, 3 y 4 de esta norma, por lo tanto se deben considerar como una guía.

**3.13.2** No debe existir una diferencia significativa entre los resultados de una determinación realizada inmediatamente y los resultados obtenidos luego de la conservación; cada analista debe por lo tanto verificar el método particular de análisis que intenta usar, y si las sugerencias de las tablas 1, 2, 3 y 4 de esta norma, son adecuadas para la muestra que él está procesando.

**3.13.2.1** La tabla 1 es una guía general para la conservación de muestras. Debido a la heterogeneidad de las aguas naturales y de las aguas residuales, estas necesitan, antes del análisis, un tratamiento de acuerdo a lo establecido en esta tabla.

**3.13.2.2** La tabla 2 da una guía de los parámetros que se pueden analizar utilizando un mismo método de conservación. Los parámetros no enlistados en ésta tabla, normalmente no se conservan utilizando estos métodos.

*(Continúa)*

**3.13.2.3** La tabla 3 proporciona métodos adecuados para la preservación de los grupos de vegetales y animales más estudiados. Los parámetros biológicos a ser determinados son numerosos y varias veces varían de una especie biológica a otra. Por ésta razón es imposible detallar una lista completa de todas las precauciones que se deben tomar para preservar la muestra.

**3.13.2.4** La tabla 4 indica los métodos adecuados para la conservación de las muestras destinadas al análisis de muestras radiactivas.

**3.13.3** Esta norma indica los métodos de análisis a ser ejecutados, y cuando es posible los métodos de conservación recomendados para ese análisis.

**3.13.4** Además, dado que puede existir incompatibilidad entre el análisis a ser realizado y los varios tipos de conservantes y recipientes posibles, es necesario tomar varias muestras de la misma agua y tratar, a cada una de ellas, en relación al análisis para el cual fueron tomadas. La elección del procedimiento de conservación debe estar sujeta a la consulta con el analista.

### **3.14 Manejo y conservación**

#### **3.14.1 Tipos de recipientes**

**3.14.1.1** Es muy importante escoger y preparar los recipientes.

**3.14.1.2** El recipiente que va a contener la muestra, y la tapa, no deben:

- a) ser causa de contaminación por lixiviación de componentes inorgánicos de recipientes de vidrio (por ejemplo: los de borosilicato o los de sodio-cal, pueden incrementar el contenido de silicio y sodio), metales y compuestos orgánicos de los plásticos. Algunas tapas coloreadas pueden contener niveles significativos de metales pesados;
- b) absorber o adsorber los constituyentes a ser determinados (por ejemplo: los hidrocarburos pueden ser absorbidos en un recipiente de polietileno; trazas de los metales pueden ser adsorbidas sobre la superficie de los recipientes de vidrio, lo cual se previene acidificando las muestras);
- c) reaccionar con ciertos constituyentes de la muestra (por ejemplo: los fluoruros reaccionan con el vidrio).
- d) tener una superficie a la cual no se puedan aplicar métodos de limpieza y tratamiento con la finalidad de reducir la contaminación de la muestra por trazas de constituyentes como metales pesados o radionucleidos.

**3.14.1.3** El uso de recipientes opacos o de vidrio ámbar puede reducir las actividades fotosensitivas considerablemente.

**3.14.1.4** Es preferible reservar un juego de recipientes para las determinaciones especiales de forma que se reduzcan al mínimo los riesgos de contaminación cruzada.

**3.14.1.5** Las precauciones son necesarias en cualquier caso, para prevenir que los recipientes que anteriormente hayan estado en contacto con muestras de alta concentración de algún elemento, contaminen posteriormente muestras de baja concentración. Los recipientes desechables son adecuados, si son económicos para prevenir este tipo de contaminación pero no se recomiendan para determinaciones de parámetros especiales como los de pesticidas organoclorados.

**3.14.1.6** Las muestras en blanco de agua destilada deben tomarse, conservarse y analizarse como un control de la elección del recipiente y del proceso de lavado.

**3.14.1.7** Cuando las muestras son sólidas o semisólidas, se deben usar jarras o botellas de boca ancha.

**3.14.1.8** Otros factores a ser considerados son la resistencia a temperaturas extremas, resistencia a la rotura, facilidad de sellado y apertura, tamaño, forma, peso, disponibilidad, costo, potencia para reúso y limpieza.

*(Continúa)*

**3.14.2 Manejo y conservación de muestras para análisis biológico**

**3.14.2.1** El manejo de muestras para examinación biológica es diferente al usado con muestras para análisis químico.

**3.14.2.2** La adición de sustancias químicas a la muestra puede ser realizada para protección y conservación de la misma: protección de estructuras morfológicas y conservación de la materia orgánica susceptible a degradación química o bioquímica.

**3.14.2.3** Los conservantes, por definición, son tóxicos y su adición puede conducir a la muerte de los organismos vivos presentes en la muestra. Previo a la muerte, la irritación puede causar que los microorganismos más sensibles (con paredes celulares débiles) colapsen antes de la protección de sus estructuras morfológicas.

**3.14.2.4** Se deben considerar los siguientes criterios para la conservación de las muestras para análisis biológicos:

- a) El efecto de los conservantes en cuanto a la pérdida de microorganismos debe ser conocido de antemano;
- b) Los conservantes deben prevenir la degradación biológica de materia orgánica, al menos durante el periodo de almacenamiento;
- c) Los conservantes debe permitir que los grupos taxonómicos puedan ser estudiados durante el periodo de almacenamiento de las muestras.

**3.14.3 Preparación de recipientes****3.14.3.1 Recipientes de muestras para análisis químicos**

- a) Para el análisis de trazas de constituyentes químicos, de agua superficial o residual, es necesario lavar los recipientes nuevos con el fin de minimizar la contaminación de la muestra; el tipo de limpiador usado y el material del recipiente varían de acuerdo a los constituyentes a ser analizados, por ejemplo detergentes que contengan fosfatos causan contaminación residual cuando se va a analizar nutrientes.
- b) El recipiente nuevo de vidrio, se debe lavar con agua y detergente para retirar el polvo y los residuos del material de empaque, seguido de un enjuague con agua destilada o desionizada.
- c) Para el análisis de trazas, los recipientes se deben llenar con una solución 1 M de ácido clorhídrico o de ácido nítrico y dejarlos en contacto por un día, luego enjuagar completamente con agua destilada o desionizada.
- d) Para la determinación de fosfatos, sílice, boro y agentes surfactantes no se deben usar detergentes en la limpieza de los recipientes.
- e) Para el análisis de trazas de materia orgánica puede ser necesario un pretratamiento especial de las botellas (ver 3.14.3.2).

**3.14.3.2 Recipientes de muestras para determinación de pesticidas, herbicidas y sus residuos**

- a) Se deben usar recipientes de vidrio (preferiblemente ámbar), debido a que los plásticos, excepto el politetrafluoroetileno (PTFE), pueden introducir interferencias que son significativas en el análisis de trazas.
- b) Todos los recipientes, se deben lavar con agua y detergente, seguido de un enjuague con agua destilada o desionizada, secado en estufa a 105 °C por 2 h y enfriado antes de enjuagarlos con el disolvente de extracción que se usará en el análisis. Finalmente se deben secar con una corriente de aire purificado o de nitrógeno.
- c) A los recipientes que han sido usados anteriormente, se debe realizar una extracción con acetona por 12 h seguido de un enjuague con hexano y de un secado como el descrito en el párrafo anterior.

### 3.15 Recomendaciones generales

**3.15.1** Se debe evitar la contaminación de la muestra, especialmente si la actividad de la muestra es baja. Algunas muestras presentan lecturas de actividad si permanecen en el sol o el aire. Los laboratorios ordinarios y los radioquímicos, así como algunos artefactos domésticos, pueden contener material radiactivo.

**3.15.2** Algunas botellas de plástico concentran las muestras paulatinamente debido a que se vuelven permeables al agua. Ver las recomendaciones para radón.

**3.15.3** Cuando se muestrea agua lluvia, (ver ISO 5667-8). Como la recolección de una cantidad suficiente de muestra requiere un período de varios días, anotar la fecha de inicio y finalización de la recolección. Se puede adicionar un acarreador o estabilizador para determinadas mediciones.

**3.15.4** La anotación de la fecha y la hora de muestreo es importante cuando se requiera hacer correcciones por deterioro.

## 4. INSPECCIÓN

### 4.1 Muestreo

#### 4.1.1 Llenado del recipiente

**4.1.1.1** En muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físicos y químicos, llenar los frascos completamente y taponarlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así se evita la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor del pH, los bicarbonatos no se conviertan a la forma de carbonatos precipitables; el hierro tienda a oxidarse menos, limitando las variaciones de color, etc.).

**4.1.1.2** Los recipientes cuyas muestras se van a congelar como método de conservación, no se deben llenar completamente.

#### 4.1.2 Refrigeración y congelación de las muestras

**4.1.2.1** Las muestras se deben guardar a temperaturas más bajas que la temperatura a la cual se recolectó. Los recipientes se deben llenar casi pero no completamente.

**4.1.2.2** La refrigeración o congelación de las muestras es efectiva si se la realiza inmediatamente luego de la recolección de la muestra. Se debe usar, cajas térmicas o refrigeradores de campo desde el lugar del muestreo.

**4.1.2.3** El simple enfriamiento (en baño de hielo o en refrigerador a temperaturas entre 2°C y 5°C) y el almacenamiento en un lugar oscuro, en muchos casos, es suficiente para conservar la muestra durante su traslado al laboratorio y por un corto período de tiempo antes del análisis. El enfriamiento no se debe considerar como un método de almacenamiento para largo tiempo, especialmente en el caso de las aguas residuales domésticas y de las aguas residuales industriales (ver tabla 1).

**4.1.2.4** El congelamiento a temperaturas de -20 °C permite un incremento en el período de almacenamiento, sin embargo, es necesario un control del proceso de congelación y descongelación a fin de retornar a la muestra a su estado de equilibrio inicial luego del descongelamiento. En este caso, se recomienda el uso de recipientes de plástico (policloruro de vinilo o polietileno). Los recipientes de vidrio no son adecuados para el congelamiento.

#### 4.1.3 Filtración y centrifugación de muestras

**4.1.3.1** La materia en suspensión, los sedimentos, las algas y otros microorganismos deben ser removidos en el momento de tomar la muestra o inmediatamente después por filtración a través de papel filtro, membrana filtrante o por centrifugación. La filtración no es aplicable si el filtro es capaz de retener unos o más de los componentes a ser analizados. También es necesario que el filtro no sea causa de contaminación y que sea cuidadosamente lavado antes del uso, pero de manera compatible con el método final de análisis.

(Continúa)

**4.1.3.2** Otro motivo para filtrar la muestra puede ser la determinación de la relación entre formas solubles e insolubles de una sustancia a analizar (por ejemplo: un metal).

**4.1.3.3** Las membranas se deben usar con cuidado ya que varios metales pesados y materia orgánica pueden ser adsorbidos en la superficie de la membrana, y los compuestos solubles de la membrana pueden ser extraídos por la muestra.

**4.1.3.4** La decantación de la muestra no es recomendada como una alternativa de la filtración.

#### **4.1.4 Adición de conservantes**

**4.1.4.1** Ciertos constituyentes físicos o químicos se estabilizan por la adición de compuestos químicos, directamente a la muestra luego de recolectada o adicionando al recipiente cuando aún está vacío. Los compuestos químicos así como sus concentraciones son muy variados. Los compuestos químicos de más uso son:

a) ácidos,

b) soluciones básicas,

c) biácidos y

d) reactivos especiales, necesarios para la conservación específica de ciertos elementos (por ejemplo: para la determinación de oxígeno, cianuros totales y sulfitos se requiere de la fijación para los mismos en la muestra inmediatamente en el sitio de la recolección, ver tabla 1).

e) *Precaución* - Se debe evitar el uso de cloruro de mercurio ( $\text{HgCl}_2$ ) y de acetato-fenil mercurio ( $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{HgC}_6\text{H}_5$ ).

**4.1.4.2** Se debe recordar que ciertos conservantes (por ejemplo: los ácidos, el cloroformo) se deben usar con precaución, por el peligro que involucra su manejo. Los operadores deben ser advertidos de esos peligros y de las formas de protección.

**4.1.4.3** Los conservantes usados no deben interferir en la determinación; en casos de duda se aconseja realizar una prueba para comprobar su compatibilidad. Cualquier dilución de la muestra por la adición de conservantes se debe tomar en cuenta durante el análisis y el cálculo de resultados.

**4.1.4.4** Es preferible realizar la adición de conservantes usando soluciones concentradas de tal forma que sean necesarios volúmenes pequeños; esto permite que la dilución de las muestras por estas adiciones no sean tomadas en cuenta en la mayoría de los casos.

**4.1.4.5** La adición de estos agentes, puede modificar también la naturaleza física o química de los elementos, por lo tanto es importante que esas modificaciones no sean incompatibles con los objetivos de la determinación, (por ejemplo: la acidificación puede solubilizar a los compuestos coloidales o a los sólidos, por esto, se debe usar con cuidado si la finalidad de las mediciones es la determinación de los elementos disueltos. Si el objeto del análisis es la determinación de la toxicidad para los animales acuáticos, se debe evitar la solubilización de ciertos elementos, particularmente de metales pesados que son tóxicos en su forma iónica. Las muestras deben ser analizadas lo más pronto posible).

**4.1.4.6** Realizar un ensayo del blanco, cuando se determinan trazas de elementos, para evaluar la posible introducción de estos elementos en la adición de los conservantes; (por ejemplo: los ácidos pueden introducir cantidades significativas de mercurio, arsénico y plomo). En este caso se deben usar los mismos conservantes empleados en la muestra para preparar el ensayo del blanco.

#### **4.1.5 Transporte de las muestras**

**4.1.5.1** Los recipientes que contienen las muestras deben ser protegidos y sellados de manera que no se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte.

**4.1.5.2** El empaque debe proteger los recipientes de la posible contaminación externa y de la rotura, especialmente de la cercana al cuello y no deben ser causa de contaminación.

*(Continúa)*

**4.1.5.3** Durante la transportación, las muestras deben guardarse en ambiente fresco y protegidas de la luz; de ser posible cada muestra debe colocarse en un recipiente individual impermeable.

**4.1.5.4** Si el tiempo de viaje excede al tiempo máximo de conservación recomendado antes del análisis, estas muestras deben reportar el tiempo transcurrido entre el muestreo y el análisis; y su resultado analítico debe ser interpretado por un especialista.

#### **4.1.6** *Recepción de las muestras en el laboratorio*

**4.1.6.1** Al arribo al laboratorio, las muestras deben, si su análisis no es posible inmediatamente, ser conservadas bajo condiciones que eviten cualquier contaminación externa y que prevengan cambios en su contenido.

**4.1.6.2** Es recomendable para este propósito el uso de refrigeradoras o de lugares fríos y oscuros.

**4.1.6.3** En todos los casos y especialmente cuando se requiera establecer la cadena de custodia es necesario verificar el número recibido, contra el registro del número de recipientes enviados por cada muestra.

### **5. ROTULADO**

**5.1** Los recipientes que contienen las muestras deben estar marcados de una manera clara y permanente, que en el laboratorio permita la identificación sin error.

**5.2** Anotar, en el momento del muestreo todos los detalles que ayuden a una correcta interpretación de los resultados (fecha y hora del muestreo, nombre de la persona que muestreó, naturaleza y cantidad de los conservantes adicionados, tipo de análisis a realizarse, etc.).

**5.3** Las muestras especiales con material anómalo, deben ser marcadas claramente y acompañadas de la descripción de la anomalía observada. Las muestras que contienen material peligroso o potencialmente peligroso, por ejemplo ácidos, deben identificarse claramente como tales.



**TABLA 1. Técnicas generales para la conservación de muestras - análisis físico-químico.**

Parámetro	Tipo de recipiente V, vidrio; P, plástico; VB, vidrio borosilicatado	Volumen típico (ml) y técnica de envasado	Técnica de preservación	Tiempo máximo recomendado de preservación antes del análisis después de la conservación	Comentarios	Método de ensayo NTE INEN
<b>Aceites y grasa</b>	V lavado con solvente	1 000	Acidificar a pH 1 a 2 con HCl o H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1 mes		
<b>Acidez y alcalinidad</b>	P o V	500 Llenar contenedor completamente para excluir el aire.	Se enfría a entre 1 °C y 5 °C.	24 h	14 días Las muestras preferiblemente deben ser analizadas en el lugar (en particular para las muestras con alto contenido de gases disueltos). Reducción y oxidación durante el almacenamiento puede cambiar la muestra	
<b>Aluminio</b>	P lavado con ácido V o VB lavados con ácido	100	Acidificar a entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes		
<b>Amoniaco, libre e ionizado</b>	P o V	500	Acidificar a entre pH 1 a 2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , enfriar a 1 °C y 5 °C.	21 días	Filtrar en el lugar antes de conservación	
	P	500	Congelar a -20 °C	1 mes		
<b>Aniones (Br, F, Cl, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub> y SO<sub>4</sub>)</b>	P o V	500	Se enfría entre 1 °C y 5 °C.	24 h	Filtrar en el lugar antes de conservación.	
	P	500	Congelar a -20 °C	1 mes		
<b>Antimonio</b>	P lavado con ácido V lavado con ácido	100	Acidificar entre pH 1 a 2 con HCl o HNO <sub>3</sub> .	1 mes	HCl debe ser utilizado si la técnica de hidruro se utiliza para el análisis.	
<b>Arsénico</b>	P lavado con ácido V lavado con ácido	500	Se acidifica entre pH 1 a 2 con HCl o HNO <sub>3</sub> .	1 mes	HCl debe ser utilizado si la técnica de hidruro se utiliza para el análisis.	980
<b>Bario</b>	P lavado con ácido o VB lavado con ácido	100	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub> .	1 mes	No utilice H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
<b>Berilio</b>	P lavado con ácido o V lavado con ácido	100	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub> .	1 mes		
<b>Bicarbonatos</b>	Ver "Acidez y alcalinidad"					
<b>Bifenilos policlorados (PCB)</b>	V. Lavado con disolvente, tapa con revestimiento de PTFE	1 000 No enjuagar previamente recipiente con la muestra; analitos se adhieren a la pared de la botella. No llene completamente contenedor de muestras.	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	7 días	Extraer in situ cuando sea viable. Si la muestra se encuentra clorinada, para cada 1 000 ml de muestra, agregar 80 mg de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O al contenedor antes de la recolección.	

(Continuación tabla 1)

Parámetro	Tipo de recipiente V, vidrio; P, plástico; VB, vidrio borosilicatado	Volumen típico (ml) y técnica de envasado	Técnica de preservación	Tiempo máximo recomendado de preservación antes del análisis después de la conservación	Comentarios	Método de ensayo NTE INEN
Boro	P	100 Llenar contenedor completamente para excluir el aire.	No se requiere ninguna	1 mes	6 meses	
Bromato	P o V	100	Se enfría a 1 °C y 5 °C	1 mes		
Bromo y compuestos de bromo	P o V	100	Se enfría a 1 °C y 5 °C	1 mes		
Bromo residual	P o V	500	Se enfría a 1 °C y 5 °C	24 h	Mantener muestras almacenadas en la oscuridad. El análisis e debe llevarse a cabo en el lugar, dentro de 5 min de recogida de muestras.	
Cadmio	P lavado con ácido o VB lavado con ácido.	100	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes	6 meses	982
Calcio	P o V	100	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes		1107
Carbamatos	V lavado con solvente	1 000	Se enfría entre 1 °C y 5 °C.	14 días	Si la muestra se encuentra clorinada, para cada 1 000 ml de muestra, agregar 80 mg de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; 5H <sub>2</sub> O al contenedor antes de la recolección.	
	P	1 000	Congelar a -20 °C	1 mes		
Carbono, orgánico total (TOC)	P o V	100	Acidificar a pH 1 a 2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , enfriar hasta 1 °C y 5 °C.	7 días	Acidificación a pH 1 a 2 con H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> es adecuado.	
	P	100	Congelar a -20 °C	1 mes	Si se sospecha la existencia de compuestos orgánicos volátiles, la acidificación no es adecuada. Analizar dentro de 8 h.	
Cloramina	P o V	500		5 min	Mantener muestras almacenadas en la oscuridad. El análisis debe llevarse a cabo en el lugar, dentro de 5 min de recogida de muestras.	
Cloratos	P o V	500	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	7 días		
Cloruros	P o V	100		1 mes		976
Cianuro por difusión a pH 6	P	500	Añadir NaOH hasta pH >12. Se enfría a 1 °C y 5 °C.	24 h		
Cianuro fácilmente liberado	P	500	Añadir NaOH hasta pH >12. Se enfría a 1 °C y 5 °C.	7 días 24 h si sulfuros están presentes.	Mantener las muestras almacenadas en la oscuridad.	
Cianuro total	P	500	Añadir NaOH hasta pH >12. Se enfría a 1 °C y 5 °C.	7 días 24 h si sulfuros están presentes.	14 días Mantener las muestras almacenadas en la oscuridad.	
Cianocloruro	P	500	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	24 h		

(Continúa)

(Continuación tabla 1)

Parámetro	Tipo de recipiente V, vidrio; P, plástico; VB, vidrio borosilicatado	Volumen típico (ml) y técnica de envasado	Técnica de preservación	Tiempo máximo recomendado de preservación antes del análisis después de la conservación	Comentarios	Método de ensayo NTE INEN
Cloro, dióxido	P o V	500		5 min	Mantener las muestras almacenadas en la oscuridad. El análisis debe llevarse a cabo en el campo, dentro de 5 min de recogida de muestras.	
Cloro orgánico	Ver "haluros orgánicos absorbibles (AOX)"					
Cloro residual	P o V	500		5 min	Mantener las muestras almacenadas en la oscuridad. El análisis debe llevarse a cabo en el campo, dentro de 5 min de recogida de muestras.	977
Clorito	P o V	500	Se enfría a entre 1 °C y 5 °C	5 min	Mantener las muestras almacenadas en la oscuridad. El análisis debe llevarse a cabo en el campo, dentro de 5 min de recogida de muestras.	
Clorofila	P o V	1 000	Se enfría a entre 1 °C y 5 °C	24 h	Transporte en botellas de color ámbar.	
	P	1 000	Después de la filtración y la extracción con etanol caliente, congelar a - 20 °C.	1 mes		
	P	1 000	Después de la filtración, de frío - 80 °C	1 mes		
Cobalto	P lavado con ácido o VB lavado con ácido	100	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes	6 meses	
Cobre	P lavado con ácido o V lavado con ácido	100	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes	6 meses	984
Color	P o V	500	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C	5 días	Mantener muestras almacenadas en la oscuridad. En caso de las aguas subterráneas, ricas en hierro (II), el análisis debe llevarse a cabo in situ, dentro de 5 min de recogida de muestras	970
Compuestos de metales pesados (excepto mercurio)	P o VB	500	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub> .	1 mes	6 meses	
Cromo	P lavado con ácido o V lavado con ácido	100	Acidificar a entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes	6 meses	

(Continúa)

(Continuación tabla 1)

Parámetro	Tipo de recipiente V, vidrio; P, plástico; VB, vidrio borosilicatado	Volumen típico (ml) y técnica de envasado	Técnica de preservación	Tiempo máximo recomendado de preservación antes del análisis después de la conservación	Comentarios	Método de ensayo NTE INEN
<b>Cromo (VI)</b>	P lavado con ácido o V lavado con ácido	100	Se enfría a entre 1 °C y 5 °C	24 h	Reducción y oxidación durante el almacenamiento puede cambiar la concentración de la muestra.	983
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)</b>	P o V	1 000 Llenar contenedor completamente para excluir el aire.	Se enfría a 1 °C y 5 °C	24 h	Mantener muestras almacenadas en la oscuridad.	1202
	P	1 000	Congelar a -20 °C	1 mes	En caso de congelación para -20 °C: 6 meses (1 mes si <50 mg/L)	
<b>Demanda química de oxígeno (DQO)</b>	P o V	100	Acidificar a pH 1 a 2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1 mes	6 meses	1203
	P	100	Congelar a -20 °C	1 mes	6 meses	
<b>Detergentes</b>	Consultar "Surfactantes"					
<b>Dióxido de carbono</b>	P o V	500 Llenar el contenedor completamente para excluir el aire.	Se enfría entre 1 °C y 5 °C.	24 h	Determinación lleva a cabo preferiblemente in situ.	
<b>Disolventes clorados</b>	V, usa tapones de PTFE.	250 Llenar contenedor completamente para excluir el aire.	Acidificar entre pH 1 a 2 con HCl.	24 h	Si la muestra se encuentra clorinada, para cada 1 000 ml de muestra, agregar 80 mg de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O al contenedor antes de la recolección.	
			Se enfría hasta 1 °C y 5 °C	24 h		
<b>Dureza total</b>	Consulte "calcio"					
<b>Estaño</b>	P lavado con ácido o VB lavado con ácido	100	Acidificar a pH 1 a 2 con HCl	1 mes		
<b>Fenoles</b>	VB, Ámbar, solventes lavados con revestimiento PTFE tapa	1 000 No enjuagar previamente el recipiente con la muestra; analitos se adhieren a la pared de la botella. No llene completamente contenedor de muestras.	Acidificar a pH<4 con H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> o H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3 semanas	Si la muestra se encuentra clorinada, para cada 1 000 ml de muestra, agregar 80 mg de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O al contenedor antes de la recolección. Para clorofenoles el período de extracción es de 2 días	
<b>Fenol, índice</b>	V	1 000	Inhibir oxidación bioquímica mediante la adición de CuSO <sub>4</sub> y acidificar a pH<4 con H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	21 días		
<b>Fluoruros</b>	P, pero no PTFE	200		1 mes		985
<b>Fósforo, disuelto</b>	V o VB o P	250	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	1 mes	La muestra debe ser filtrada en el lugar en el momento del muestreo.	
	P	250	Congelar a -20 °C.	1 mes	Antes del análisis, agentes oxidantes se pueden eliminar mediante la adición de hierro (II) sulfato o arsenito de sodio.	

(Continúa)

(Continuación tabla 1)

Parámetro	Tipo de recipiente V, vidrio; P, plástico; VB, vidrio borosilicatado	Volumen típico (ml) y técnica de envasado	Técnica de preservación	Tiempo máximo recomendado de preservación antes del análisis después de la conservación	Comentarios	Método de ensayo NTE INEN
Fósforo, total	V o VB o P	250	Acidificar a pH 1 a 2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> d	1 mes	Ver "Fósforo, disuelto"	
	P	250	Congelar a - 20 °C.	1 mes	6 meses	
Fósforo, disuelto	V o VB o P	250	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	1 mes	La muestra debe ser filtrada en el lugar en el momento del muestreo.	
	P	250	Congelar a - 20 °C.	1 mes	Antes del análisis, agentes oxidantes se pueden eliminar mediante la adición de hierro (II) sulfato o arsenito de sodio.	
Fósforo, total	V o VB o P	250	Acidificar a pH 1 a 2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> d	1 mes	Ver "Fósforo, disuelto"	
	P	250	Congelar a - 20 °C.	1 mes	6 meses	
Haluos orgánicos absorbibles (AOX)	P o V	1 000 Llenar contenedor completamente para excluir el aire.	Acidificar entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub> , se enfría hasta 1°C y 5 °C, mantener las muestras almacenadas en la oscuridad.	5 días		
	P	1 000	Congelar hasta -20 °C.	1 mes		
Herbicidas ácidos	V con tapa revestida con PTFE	1 000 No enjuagar previamente el recipiente vacío con la muestra; analitos se adhieren a la pared de la botella. No llene completamente contenedor de muestras.	Acidificar a entre pH 1 a 2 con HCl y se enfría a entre 1 °C y 5 °C.	2 semanas	Si la muestra se encuentra clorinada, para cada 1 000 ml de muestra, agregar 80 mg de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O al contenedor antes de la recolección.	
Hidracina	V	500	Acidificar con HCl a 1 mol / L	24 h	Mantener las muestras almacenadas en la oscuridad.	
Hidrocarburos	V disolvente (por ejemplo pentano) utilizado para la extracción	1 000 No enjuagar previamente recipiente con la muestra; analitos se adhieren a la pared de la botella. No llene completamente contenedor de muestras.	Acidificar a pH 1 a 2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> o con HCl	1 mes	Extraer in situ cuando sea viable.	
Hidrocarburos aromáticos monocíclicos	V, tapas con septum de PTFE	500 Llenar contenedor completamente para excluir el aire.	Acidificar a pH 1 a 2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	7 días	Si la muestra se encuentra clorinada, para cada 1 000 ml de muestra, agregar 80 mg de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O al contenedor antes de la recolección.	

(Continúa)

(Continuación tabla 1)

Parámetro	Tipo de recipiente V, vidrio; P, plástico; VB, vidrio borosilicatado	Volumen típico (ml) y técnica de envasado	Técnica de preservación	Tiempo máximo recomendado de preservación antes del análisis después de la conservación	Comentarios	Método de ensayo NTE INEN
<b>Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)</b>	V, Lavado con disolvente con revestimiento de PTFE tapa	500	Se enfría a entre 1 °C y 5 °C.	7 días	Si la muestra se encuentra clorinada, para cada 1 000 ml de muestra, agregar 80 mg de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O al contenedor antes de la recolección.	
<b>Hierro (II)</b>	P lavado con ácido o VB lavado con ácido	100	Acidificar a entre pH 1 a 2 con HCl y la exclusión de oxígeno atmosférico.	7 días		
<b>Hierro, total</b>	P lavado con ácido o VB lavado con ácido	100	Acidificar a entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub> .	1 mes		1204
<b>Litio</b>	P	100	Acidificar a entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes		
<b>Nitrógeno Kjeldahl</b>	P o VB	250	Acidificar a entre pH 1 a 2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1 mes	Mantener las muestras almacenadas en la oscuridad. 6 meses	1102
	P	250	Congelar a - 20 °C.	1 mes		
<b>Magnesio</b>	P lavado con ácido o VB lavado con ácido	100	Acidificar a entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes		1103
<b>Manganeso</b>	P lavado con ácido o VB lavado con ácido	100	Acidificar a entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes		1104
<b>Mercurio</b>	VB lavado con ácido	500	Acidificar a pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub> Además de K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> [0,05% en masa, concentración final].	1 mes	Se necesita particular cuidado para garantizar que la muestra está libre de contaminación.	
<b>Níquel</b>	P lavado con ácido o VB lavado con ácido	100	Acidificar a pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes	6 meses	
<b>Nitrato</b>	P o V	250	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	24 h		975 995
	P o V	250	Acidificar entre pH 1 a 2 con HCl	7 días		
	P	250	Congelar a - 20 °C.	1 mes		
<b>Nitrito</b>	P o V	200	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	24 h	El análisis preferiblemente debe llevarse a cabo en el sitio. 2 días	
<b>Nitrógeno total</b>	P o V	500	Acidificar a pH 1 a 2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .	1 mes		
	P	500	Congelar a - 20 °C.	1 mes		
<b>Olor</b>	V	500	Se enfría a entre 1 °C y 5 °C.	6 h	La prueba puede llevarse a cabo en el sitio (análisis cualitativo).	

(Continúa)

NTE INEN 2169

2013-06

(Continuación tabla 1)

Parámetro	Tipo de recipiente V, vidrio; P, plástico; VB, vidrio borosilicatado	Volumen típico (ml) y técnica de envasado	Técnica de preservación	Tiempo máximo recomendado de preservación antes del análisis después de la conservación	Comentarios	Método de ensayo NTE INEN
<b>Ortofosfatos, disueltos</b>	Ver "Fósforo, disuelto"					
<b>Ortofosfatos, total</b>	Consulte "Fósforo, total"					
<b>Oxígeno</b>	P o V	300 Recipiente deberá llenarse completamente		4 días	Fijar el oxígeno en el lugar y mantener las muestras almacenadas en la oscuridad. El método electroquímico puede ser utilizado también y se puede llevar a cabo en el sitio.	1106
<b>Permanganato, índice</b>	V o P	500	Acidificar a pH 1 a 2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 8 mol / L	2 días	Analizar tan pronto como sea posible.	
	V o P	500	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C y mantener las muestras almacenadas en la oscuridad.	2 días		
	P	500	Congelar a - 20 °C.	1 mes		
<b>Pesticidas, organoclorados, organofosforados y organoclorados que contienen nitrógeno</b>	V disolvente se lavó con revestimiento de PTFE tapa Para P uso glifosato	1 000 a 3 000 No enjuagar previamente el recipiente con la muestra; analitos se adhieren a la pared de la botella. No llene completamente el contenedor	Se enfría a entre 1 °C y 5 °C.	El tiempo de conservación del extracto es 5 días	Si la muestra se encuentra clorinada, para cada 1 000 ml de muestra, agregar 80 mg de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O al contenedor antes de la recolección. La extracción debe llevarse a cabo dentro de 24 h después del muestreo.	
<b>Petróleo y derivados</b>	Ver "Hidrocarburos"					
<b>Plata</b>	P lavado con ácido o V lavado con ácido	100	Acidificar a pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes		
<b>Plomo</b>	P lavado con ácido o VB lavado con ácido	100	Acidificar a entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub> .	1 mes	6 meses	
<b>pH</b>	P o V Llenar contenedor completamente para excluir el aire.	100	Se enfría a entre 1 °C y 5 °C.	6 h	La prueba debe llevarse a cabo tan pronto como sea posible y, preferentemente, inmediatamente en el lugar después del muestreo.	973
<b>Potasio</b>	P	100	Acidificar a pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub> .	1 mes		
<b>Purgables de purga y trampa</b>	V, Con tapa revestida de PTFE	100	Acidificar a pH 1 a 2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	7 días	14 días Si la muestra se encuentra clorinada, para cada 1 000 ml de muestra, agregar 80 mg de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O al contenedor antes de la recolección.	

(Continúa)

NTE INEN 2169

2013-06

(Continuación tabla 1)

Parámetro	Tipo de recipiente V, vidrio; P, plástico; VB, vidrio borosilicatado	Volumen típico (ml) y técnica de envasado	Técnica de preservación	Tiempo máximo recomendado de preservación antes del análisis después de la conservación	Comentarios	Método de ensayo NTE INEN
Selenio	P lavado con ácido o V lavado con ácido	500	Acidificar a pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub> .	1 mes		
Silicatos, disueltos	P	200	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	1 mes	La muestra debe ser filtrada en el lugar en el momento del muestreo.	
Silicatos, totales	P	100	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	1 mes		
Sodio	P o V	100	Acidificar a pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes		
Sólidos disueltos (Residuo seco)	Ver "Sólidos Totales (residuos totales)"					
Sólidos, suspendidos	P o V	500	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	2 días		
Sólidos totales (residuos totales, extracto seco)	P o V	100	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	24 h		
Sulfato	P o V	200	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	1 mes		
Sulfuros (fácilmente liberados)	P	500 Llenar el contenedor completamente para excluir el aire.	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	1 semana	Fijar muestras inmediatamente in situ mediante la adición de 2 ml de 10% (en masa) de la solución de acetato de zinc.  Si la muestra se encuentra clorinada, para cada 1 000 ml de muestra, agregar 80 mg de ácido ascórbico al contenedor antes de la recolección.	
Sulfitos	P o V	500 Llenar contenedor completamente para excluir el aire.		2 días	Fijar en el sitio mediante la adición de 1 ml de una solución de EDTA 2.5% (en masa) por 100 ml de la muestra.	
Tensioactivos, aniónicos	V, Lavar con metanol.	500	Acidificar a entre pH 1 a 2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	2 días	El vidrio no debe ser lavado con detergente. Se puede combinar con no iónico.	
Tensioactivos, catiónicos	V, Lavar con metanol.	500	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	2 días	El vidrio no debe ser lavado con detergente.	
Tensioactivos no iónicos	V	500 Asegurarse que el contenedor se llena completamente.	Añadir formaldehído 37% (en volumen), solución para dar 1% (en volumen), enfriar hasta 1 °C y 5 °C	1 mes	El vidrio no debe ser lavado con detergente.	
Trihalometanos	V, tapas recubiertas con PTFE	100 Llenar el contenedor completamente para excluir el aire.	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C	14 días	Extraer in situ cuando sea posible. Si la muestra se encuentra clorinada, para cada 1 000 ml de muestra, agregar 80 mg de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O al contenedor antes de la recolección.	

(Continúa)



(Continuación tabla 1)

Parámetro	Tipo de recipiente V, vidrio; P, plástico; VB, vidrio borosilicatado	Volumen típico (ml) y técnica de envasado	Técnica de preservación	Tiempo máximo recomendado de preservación antes del análisis después de la conservación	Comentarios	Método de ensayo NTE INEN
Turbiedad	P o V	100	Se enfría a entre 1 °C y 5 °C. Mantener las muestras almacenadas en la oscuridad.	24 h	Preferiblemente llevar a cabo en el campo.	
Uranio	P lavado con ácido o VB lavado con ácido	200	Acidificar a entre pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes		
Vanadio	P lavado con ácido o VB lavado con ácido	100	Se acidifica a pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes		
Yoduro	V	500	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	1 mes		
Yodo	V	500	Se enfría hasta 1 °C y 5 °C.	24 h	Mantener las muestras almacenadas en la oscuridad.	
Zinc	P lavado con ácido o VB lavado con ácido	100	Acidificar a pH 1 a 2 con HNO <sub>3</sub>	1 mes	6 meses	

**TABLA 2. Distribución de los parámetros de análisis según el tipo de conservación usado (Anexo a la tabla 1)**

Conservación por	Recomendado para	No recomendado para
Alcalinización a pH > 11	Ioduros	La mayoría de los compuestos orgánicos, metales pesados en estados de oxidación menor. Algunos metales que forman aniones solubles a estados de oxidación altos (dependiendo del anión presente consultar las tablas de solubilidad)  Amoníaco/amonio Aminas y amidas Fósforo total Hidrazina Hidroxilamina
Acidificación a pH < 2	Metales alcalinos Aluminio Amonio (pero no si se requiere por separado el amonio libre y el total) Arsénico Metales alcalinotérreos Nitrato Dureza total Fósforo total Metales pesados	Cianuros Sulfuros Carbonatos, bicarbonatos, dióxido de carbono Sulfitos, dióxido de azufre Tiosulfatos Nitritos Fosfonatos (si la técnica indica) Surfactantes y ésteres  Hexametilenotetramina  No usar ácido sulfúrico para Calcio, Estroncio, Bario, Radio y Plomo  No usar ácido clorhídrico para Plata, Talio, Plomo, Bismuto, Mercurio(II) y Antimonio  No usar ácido nítrico para estaño

(Continúa)

## (Continuación tabla 2)

Conservación por	Recomendado para	No recomendado para
Refrigeración de 2°C a 5°C	Acidez, alcalinidad Amonio Bromo y sus compuestos Clorofila Ioduros Nitrogeno (kjeldahl) Conductividad Nitrato Nitrito Olor Ortofostatos Fósforo Sulfatos Surfactantes catiónicos Residuo seco Sólidos totales Bioensayos	
Congelamiento a -20°C	Clorofila DQO  Bioensayos análisis de toxicidad Carbón orgánico  Índice de permanganato	No recomendable para biota si se hace una distinción entre la biota del líquido y las células contenidas en la biota.  Gases disueltos.  Para identificación de microorganismos.  Puede ocurrir cambios en varios solutos, lo que requiere de homogenización luego del descongelamiento.  Puede ocurrir precipitación (y polimerización) dificultando el análisis.  Recíprocamente algunos polímeros depolimerizan. Las recomendaciones se deben evaluar antes del uso rutinario.

(Continúa)

**TABLA 3. Técnicas generales recomendadas para la conservación de muestras para análisis Biológico**

Parámetro a ser analizado	Tipo de recipiente P = plástico V = vidrio VB = vidrio Borosilicatado	Técnica de conservación	Lugar del análisis	Tiempo máximo de conservación antes del análisis	Comentarios	Método de ensayo NTE INEN
<b>Cantidad e identificación</b>						
Sedimento béntico, macro invertebrado	P o V	Adicionar etanol al 70 % (v/v)	Laboratorio	1 año	El agua de las muestras se debe decantar para aumentar la concentración del preservante	
- sedimento abundante		Adicionar 40 cm <sup>3</sup> de formaldehído al 40 % (v/v) neutralizado con borato de sodio.	Laboratorio	1 año		
- sedimento escaso	V	Transferir a una solución preservante de etanol al 70 %, formaldehído al 40% y glicerol (en proporciones 100+2+1 respectivamente)	Laboratorio	Indefinidamente	Se requieren de métodos especiales para los grupos de invertebrados que se deforman por el tratamiento normal de preservación (p.e. platelmintos)  <b>Precaución:</b> Cuidarse de los vapores de formaldehído. No almacenar muchas muestras en el área de trabajo)	
<b>Perifiton</b>	V	Adicionar una parte por volumen de Lugol para 100 partes de volumen de muestra.	Laboratorio	1 año	Guardar las muestras en la obscuridad	
<b>Fitoplancton</b>	V	Ver perifiton	Laboratorio	1 año	Guardar las muestras en la obscuridad	
<b>Zooplancton</b>	V	Adicionar formaldehído al 40 % para tener formalina al 4% o adicionar solución de Lugol como para el Perifiton	Laboratorio	1 año	La adición de una mayor cantidad de Lugol puede ser necesaria si ocurre decoloración	

(Continúa)

(Continuación Tabla 3)

<b>Sedimento húmedo y sedimento seco</b>	P o V	Refrigerar entre 2°C y 5°C	En el sitio o en el laboratorio	24 h	No congelar a -20°C Realizar el análisis antes de las 24 h	
Sedimento Béntico o macro invertebrados						
Macrofitos						
Perifiton						
Fitoplancton						
Zooplancton						
Peces	--	En el sitio				
<b>Cenizas del sedimento</b>	P o V	Filtrar y refrigerar entre 2 °C y 5°C	Laboratorio	2 semanas		
Sedimento béntico ó macro invertebrados						
Macrofitos						
Perifiton						
Fitoplancton						
<b>Análisis de toxicidad</b>	P o V	Refrigerar entre 2°C y 5°C	Laboratorio	24 h	El periodo de conservación varía de acuerdo al método de análisis usado.	
		Congelar a -20°C	Laboratorio	2 semanas		

(Continúa)

**TABLA 4. Técnicas generales recomendadas para la conservación de muestras para el análisis de parámetros radiológicos**

Parámetro a ser analizado	Tipo de recipiente	Técnica de conservación	Lugar del análisis	Tiempo máximo de conservación antes del análisis	Recomendaciones	Método de ensayo NTE INEN
<b>Actividad Alfa</b> <b>Actividad Beta</b> (excepto radio-iodo )	P	1. Si se va a determinar la actividad en la materia soluble y en suspensión separadamente, filtrar de inmediato 2. Adicionar 20 cm <sup>3</sup> de ácido nítrico al 50% por cada litro de muestra. El valor del pH debe ser menor que 1 3. Guardar en lugar obscuro a una temperatura entre 2°C y 5°C.	Laboratorio	Lo más pronto posible	Las precauciones de seguridad dependen de la actividad de la muestra <b>Precaución.</b> El polvo radiactivo no debe caer en la piel o en la ropa o ser inhalado.	
<b>Actividad Gamma</b> (para isótopos de radón y de yodo radiactivo ver las recomendaciones separadamente)	P	1. Si esta presente materia en suspensión y se necesita las mediciones de la actividad por separado, o los sólidos no están totalmente disueltos, filtrar la muestra y tratar como dos muestras separadas. 2. Adicionar cuantitativamente a la muestra una cantidad conocida de una solución que contenga el isótopo no radiactivo de interés. Para muestras que contengan metales, la solución se acidifica a pH < 2; el ácido que se emplee no debe precipitar o volatilizar los elementos. Se necesita especial cuidado para los isótopos del radón. 3. Guardar en botellas herméticas y en la oscuridad entre 2°C y 5°C.	Laboratorio	Depende de la vida media de los elementos radiactivos de interés. Determinar la vida media tan pronto la muestra necesite ser analizada	Las precauciones de seguridad y defensa dependen de la actividad de la muestra. <b>Precaución-</b> El polvo radiactivo no debe caer en la piel o en la ropa o ser inhalado.	

(Continúa)

(Continuación tabla 4)

<b>Radio-iodo</b>	P Pretratar cada botella con yodo no radiactivo mínimo a 60°C cubriendo completamente, enjuagar con etanol seguido de un lavado con agua hasta que todo el yodo desaparezca, o adicionar yoduro de sodio como agente liberador.	1. Ajustar el valor de pH a $8,0 \pm 0,1$ con la solución de hidróxido de sodio. 2. Adicionar 0,1 g $\pm$ 0,01 g de yoduro de sodio no radiactivo por litro de muestra. 3. Adicionar de 2 a 4 cm <sup>3</sup> de hipoclorito de sodio [10%(m/m)] por litro de muestra, asegurando un exceso de cloro libre.	Laboratorio	Lo más pronto posible	Las muestras no deben ser ácidas cuando se adiciona el yodo; (es importante si en la misma muestra se determina actividad alfa y beta).  No se debe usar amonio para alcalinizar la muestra.
<b>Radio por otros métodos (ver también actividad alfa y beta)</b>	P	1. Como para la actividad alfa y beta. 2. Acidificar a valores de pH menores que 1 con ácido nítrico y anotar el volumen del ácido adicionado.	Laboratorio	Antes de 2 meses.	Las precauciones y cuidados dependen de la actividad de la muestra.  <b>Precaución-</b> El polvo radiactivo no debe caer en la piel o en la ropa o ser inhalado.
<b>Isótopos de Radón</b>  <b>Radio por incremento interno de radón.</b>	VB Ajustar con un tapón que no que-de muy por encima del nivel del líquido.	1. Llenar las botellas sin burbujas y sin espuma, taparlas sin que el tapón tope la superficie del líquido. 2. Si no hay materia sólida, acidificar con ácido nítrico hasta un valor de pH menor a 2. 3. Transportar y guardar a temperatura ligeramente inferior que la temperatura a la que fueron tomadas las muestras. No congelar.	Laboratorio o en el sitio	Tan pronto sea posible, y dentro de las 48 h tomando en cuenta la vida media.	Los recipientes plásticos pueden ser porosos al radón. Si el radón es gaseoso puede formar aerosoles de polonio, etc.  El manejo cuidadoso es esencial.
<b>Radio estroncio</b>	P	Como para actividad alfa y beta, pero adicionar una pequeña cantidad de solución no radiactiva de nitrato de estroncio, como acarreador.	Laboratorio	Lo más pronto posible, pero antes de 2 semanas.	
<b>Tritio gaseoso o agua tritlada</b>	VB	Se debe evitar el intercambio atmosférico y la inactivación del agua.	Laboratorio	Tan pronto sea posible, pero antes de 1 mes.	
<b>Radio cesio</b>	P	Ver radio estroncio (usar nitrato de cesio como acarreador)	Laboratorio	Antes de 2 semanas.	

(Continúa)

(Continuación tabla 4)

Uranio	P	Volumen de muestra entre 1 y 5 litros. Acidificar con ácido nítrico a pH < 1	Laboratorio	Antes de 2 semanas		
Plutonio	VB	Volumen de muestra entre 5 y 50 litros. Acidificar con ácido nítrico a pH < 1	Laboratorio	Antes de 2 semanas		

*(Continúa)*

## APÉNDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 970	<i>Agua potable. Determinación del color</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 971	<i>Agua potable. Determinación de la turbiedad método nefelométrico</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 972	<i>Agua potable. Determinación del residuo seco total</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 973	<i>Agua potable. Determinación del pH</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 974	<i>Agua potable. Determinación de la dureza total por titulación con EDTA</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 975	<i>Agua potable. Determinación de nitrógeno de nitritos. Método de la brucina.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 976	<i>Agua potable. Determinación de cloruros</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 978	<i>Agua potable. Determinación de sulfatos</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 979	<i>Agua potable. Determinación del hierro</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 980	<i>Agua potable. Determinación del arsénico método del dietilditiocarbamato de plata</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 981	<i>Agua potable. Determinación del zinc</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 982	<i>Agua potable. Determinación de cadmio método de la ditizona</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 983	<i>Agua potable. Determinación del cromo hexavalente</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 984	<i>Agua potable. Determinación del cobre.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 985	<i>Agua potable. Determinación del fluoruro. Método de Spadns</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1102	<i>Agua potable. Determinación del plomo. Método de la ditizona</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1103	<i>Agua potable. Determinación del magnesio por cálculo</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1104	<i>Agua potable. Determinación del manganeso total</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1106	<i>Aguas. Determinación del oxígeno disuelto</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1107	<i>Aguas. Determinación del calcio. Método EDTA</i>
ISO 5667-8	<i>Water quality - Sampling - Part 8 Guidance on the sampling of wet deposition.</i>
ISO 7875-1	<i>Water quality - Determination of surfactants. Part 1: Determination of anionic surfactants by the methylene blue spectrometric method.</i>
ISO 7875-2	<i>Water quality - Determination of surfactants – Part 2: Determination of non-ionic surfactants using Dragendorff reagent.</i>

### Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma ISO 5667-3 *Water quality - Sampling - Part 3: Guidance on the preservation and handling of samples. Second edition.* Ginebra, 2003.



### INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 2169 <b>Primera revisión</b>	<b>TÍTULO: AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS</b>	<b>Código:</b> <b>AL 01.06-202</b>
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 1997-06-09	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1998-10-08 Oficialización con el Carácter de Voluntaria por Acuerdo Ministerial No. 980137 de 1998-11-11 publicado en el Registro Oficial No. 70 de 1998-11-19  Fecha de iniciación del estudio (consultoría): 2012-08-06	
Fechas de consulta pública: de 2012-12-03 a 2013-01-02		

Subcomité Técnico:  
Fecha de iniciación: \_\_\_\_\_ Fecha de aprobación: \_\_\_\_\_  
Integrantes del Subcomité Técnico: \_\_\_\_\_

**NOMBRES:****INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

Mediante compromiso presidencial N° 16364, el Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN, en vista de la necesidad urgente, resuelve actualizar el acervo normativo en base al estado del arte y con el objetivo de atender a los sectores priorizados así como a todos los sectores productivos del país.

Para la revisión de esta Norma Técnica se ha considerado el nivel jerárquico de la normalización, habiendo el INEN realizado un análisis que ha determinado su conveniente aplicación en el país.

La Norma en referencia ha sido sometida a consulta pública por un período de 30 días y por ser considerada EMERGENTE no ha ingresado a Subcomité Técnico.

---

Otros trámites: Esta NTE INEN 2169:2013 (Primera revisión), reemplaza a la NTE INEN 2169:1998

---

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

---

Oficializada como: Voluntaria Por Resolución No. 13116 de 2013-05-16  
Registro Oficial No. 19 de 2013-06-20

---

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre  
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815  
Dirección General: E-Mail: [direccion@inen.gob.ec](mailto:direccion@inen.gob.ec)  
Área Técnica de Normalización: E-Mail: [normalizacion@inen.gob.ec](mailto:normalizacion@inen.gob.ec)  
Área Técnica de Certificación: E-Mail: [certificacion@inen.gob.ec](mailto:certificacion@inen.gob.ec)  
Área Técnica de Verificación: E-Mail: [verificacion@inen.gob.ec](mailto:verificacion@inen.gob.ec)  
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: [inenlaboratorios@inen.gob.ec](mailto:inenlaboratorios@inen.gob.ec)  
Regional Guayas: E-Mail: [inenguayas@inen.gob.ec](mailto:inenguayas@inen.gob.ec)  
Regional Azuay: E-Mail: [inencuenca@inen.gob.ec](mailto:inencuenca@inen.gob.ec)  
Regional Chimborazo: E-Mail: [inenriobamba@inen.gob.ec](mailto:inenriobamba@inen.gob.ec)  
URL: [www.inen.gob.ec](http://www.inen.gob.ec)

Figura 39. NTE INEN 2169:2013 - Primera revisión - AGUA. CALIDAD DEL AGUA.  
MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS  
Elaborado por: Autores, 2024