



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS

CARRERA DE BIOLOGIA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Modalidad Artículo Académico

Tema

Implementación del método de cloruros por espectrofotometría VIS para muestras de agua en el laboratorio Cesecca.

Autores:

Anchundia Benites Ana Mariuxi

Cárdenas Mora Jorge Luis

Tutor:

Blgo. Ronald Arturo Zavala Murillo, Mg.

Periodo 2024 - 2

Declaración de Auditoria

Nosotros **Jorge Luis Cárdenas Mora** y **Ana Mariuxi Anchundia Benites** declaramos que hemos contribuido a la realización del trabajo de titulación bajo la modalidad de Artículo Académico previo a la obtención del título de Biólogo, Con tema: **“Implementación del método de cloruros por espectrofotometria vis para muestras de agua en el laboratorio Cesseca.”**

Hemos revisado la versión final del manuscrito y aprobamos su presentación para su publicación. También garantizamos que este trabajo es original, no ha sido publicado previamente y no está bajo consideración para su publicación en Otro


Además, declaramos que no tenemos conflictos de interés en relación con este trabajo

Firman:




Jorge Luis Cárdenas Mora

C.I.: 1315722106



Ana Mariuxi Anchundia Benites

C.I.: 1311924318

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACION CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ciencias de la vida y Tecnologías de la carrera Biología de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

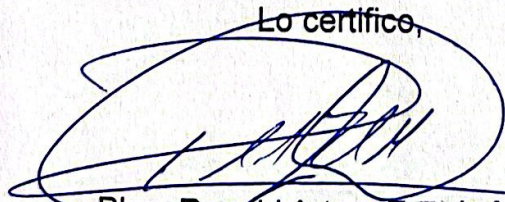
Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración, Curricular: bajo la autoría del estudiante: **Anchundia Benites Ana Mariuxi**, legalmente matriculado en la carrera de Biología periodo académico 2024-2025, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto o núcleo problemático es **"Implementación del método de cloruros, por espectrofotometría VIS para muestras de agua en el laboratorio CESECCA"**

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.


Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Lugar, Manta 21 de diciembre del 2024

Lo certifico,



Blgo. Ronald Arturo Zavala Murillo
Docente Tutor
Facultad de Ciencias del Mar

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACION CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ciencias de la vida y Tecnologías de la carrera Biología de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

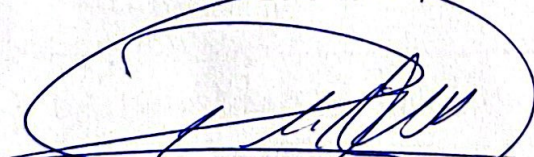
Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración, Curricular: bajo la autoría del estudiante: **Cárdenas Mora Jorge Luis**, legalmente matriculado en la carrera de Biología periodo académico 2024-2025, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto o núcleo problemático es **"Implementación del método de cloruros, por espectrofotometría VIS para muestras de agua en el laboratorio CESECCA"**

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Lugar, Manta 21 de diciembre del 2024

Lo certifico,



Blgo. Ronald Arturo Zavala Murillo
Docente Tutor
Facultad de Ciencias del Mar



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS

CARRERA DE BIOLOGÍA

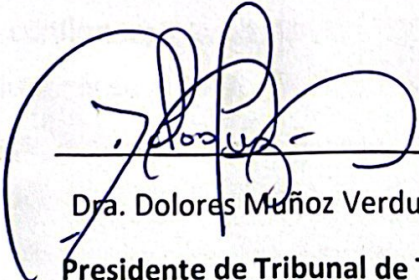
Modalidad Artículo Académico

**Implementación del método de cloruros por espectrofotometria
vis para muestras de agua en el laboratorio Cesseca.**


Autores:

Jorge Luis Cárdenas Mora

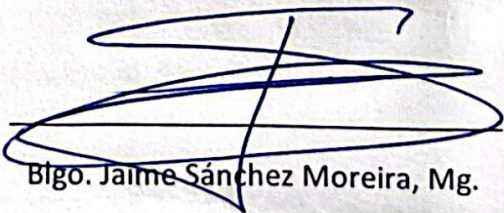
Ana Mariuxi Anchundia Benites



Dra. Dolores Muñoz Verduga Ph.D.
Presidente de Tribunal de Titulación



Blga. Sandra Solorzano Barcia, Mg.
Miembro de Tribunal de Titulación



Blgo. Jaime Sánchez Moreira, Mg.
Miembro de Tribunal de Titulación

Manta, Manabí Ecuador

Jueves, 06 de Febrero de 2025

**IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE CLORUROS POR
ESPECTROFOTOMETRÍA VIS PARA MUESTRAS DE AGUA EN EL
LABORATORIO CESECCA.**

Anchundia Benites Ana Mariuxi ¹, Cárdenas Mora Jorge Luis¹

¹ Carrera de Biología, Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías,
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

Correo institucional

e1311924318@live.uleam.edu.ec; e1315722106@live.uleam.edu.ec

RESUMEN

El presente estudio analiza la implementación del método de cloruros por espectrofotometría VIS, utilizando tres diferentes muestras de agua; agua purificada envasada, agua potable y agua superficial, evaluando niveles de concentración bajos (60 mg/L), medios (100 mg/L) y altos (200 mg/L). El análisis estadístico se llevó a cabo mediante la prueba estadística ANOVA, a través del cual los resultados confirmaron la idoneidad del método, con porcentajes de recuperación (%R) superiores al 97%, coeficientes de variación relativos (%CvR) dentro de los límites aceptables y una alta reproducibilidad en diferentes matrices. Estos indicadores garantizan que el método cumple con los estándares de calidad exigidos, destacándose por su precisión, exactitud y robustez. La incorporación de esta metodología fortalece las capacidades analíticas para el monitoreo y control de calidad del agua, cumpliendo con las normativas nacionales e internacionales, y aportando al desarrollo de procesos confiables en la gestión ambiental y sanitaria.

Palabras Claves: Cloruros, Espectrofotometría VIS, ANOVA, precisión, exactitud, calidad del agua

**IMPLEMENTATION OF THE CHLORIDE METHOD BY VIS
SPECTROPHOTOMETRY FOR WATER SAMPLES IN THE CESECCA
LABORATORY.**

Anchundia Benites Mariuxi ¹, Cárdenas Mora Jorge Luis¹

¹ Biology Program, Faculty of Life Sciences and Technologies, Laica Eloy Alfaro
University of Manabí.

Institutional email:

e1311924318@live.uleam.edu.ec; e1315722106@live.uleam.edu.ec

ABSTRACT

The present study analyzes the implementation of the chloride method by VIS spectrophotometry, using three different water samples: bottled purified water, drinking water, and surface water, evaluating low (60 mg/L), medium (100 mg/L), and high (200 mg/L) concentration levels. The statistical analysis was carried out using the ANOVA test, through which the results confirmed the suitability of the method, with recovery percentages (%R) exceeding 97%, relative variation coefficients (%CVr) within acceptable limits, and high reproducibility across different matrices. These indicators guarantee that the method meets the required quality standards, standing out for its precision, accuracy, and robustness. The incorporation of this methodology strengthens analytical capabilities for water quality monitoring and control, complying with national and international regulations, and contributing to the development of reliable processes in environmental and sanitary management.

Keywords: Chlorides, VIS spectrophotometry, ANOVA, precision, accuracy, water quality

1. Introducción

La determinación precisa de cloruros en muestras de agua permite la evaluación de su calidad y el impacto de esta, en la salud pública y en el medio ambiente, en la actualidad la presencia principalmente de iones de cloruros puede ser considerada como un indicador clave de contaminación, salinidad o alteraciones en los procesos químicos del agua. (Acosta, 2023)

El ión cloruro es uno de los iones inorgánicos que se encuentran en mayor cantidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, su presencia es necesaria en aguas potables. Sin embargo, un alto contenido de cloruros puede dañar estructuras metálicas y evitar el crecimiento de plantas. Desde esta perspectiva, las altas concentraciones de cloruro en aguas residuales, cuando éstas son utilizadas para el riego en campos agrícolas deteriora, en forma importante la calidad del suelo. (Secretaría de Economía, 2005).

Al mismo tiempo, se menciona que; en concentraciones elevadas, los cloruros pueden afectar negativamente la vida acuática, la calidad del agua potable y los sistemas de distribución de agua, debido a la corrosión que pueden provocar en las tuberías. (Norato, Romero, & Herrera, 2018).

La presencia de estos iones en el agua puede originarse tanto de fuentes naturales como de actividades humanas, como el uso excesivo de sales en la agricultura, la industria o la contaminación proveniente de aguas residuales. (Carrera, Guevara, Andrade, & Piedra, 2016)

En este contexto, la espectrofotometría UV-visible es una técnica analítica confiable para la medición de iones cloruro, es decir permite determinar la concentración de un compuesto en solución. Este método se basa en la interacción de la luz visible con una solución que contiene el analito, donde la intensidad de la luz absorbida a longitudes de onda específicas se correlaciona con la concentración de cloruros en la muestra. (Díaz, y otros, 2016).

En Ecuador, la espectrofotometría enfrenta desafíos, como la limitación de recursos tecnológicos en algunas áreas y la necesidad de formación continua de profesionales. Sin embargo, el sector académico y de investigación continúa fortaleciéndose, lo que impulsa el desarrollo de nuevas aplicaciones para esta

técnica. Según (Díaz, y otros, 2016). Este enfoque es menos laborioso que los métodos tradicionales y permite la automatización y el análisis de un gran número de muestras en un tiempo reducido.

Desde la perspectiva anterior, el presente estudio tiene como finalidad Implementar el método de cloruros por espectrofotometría VIS en área de química aguas del laboratorio Cesseca, mediante una metodología sólida y estandarizada que sea aplicable tanto para investigaciones ambientales como para el control de calidad.

Los resultados de esta implementación proporcionarán una base para el monitoreo continuo de la calidad del agua, optimizando el proceso de medición y garantizando resultados consistentes y fiables. Lo cual implica la preparación de muestras de agua, la preparación de reactivos específicos para la formación de un complejo colorimétrico con los iones cloruro, y la medición de la absorbancia a una longitud de onda característica.

2. Materiales y Métodos

Obtención de muestras

Para la obtención de muestras se siguió un protocolo estricto para asegurar la representatividad y la calidad de las muestras analizadas. (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013). Se seleccionaron tres tipos de agua; agua purificada envasada, agua potable, y agua superficial, específicamente de río. La obtención del agua purificada envasada, se adquirió una botella sellada de la cual se seleccionó 50 muestras de la misma (Figura 1.) En cuanto a la muestra de agua potable se recolectó en un punto de distribución del sistema de abastecimiento con un total de 50 muestras, para ello, se utilizó un envase estéril para evitar la contaminación de la muestra (Figura 2). Finalmente, la muestra de agua superficial fue recolectada en el Río Portoviejo ($0^{\circ}53'58.6''S$ $80^{\circ}29'06.3''W$) (Figura 3.) misma que fue transportada bajo condiciones controladas de temperatura y protegidas de la luz para preservar su integridad hasta el momento de su análisis en el laboratorio.

Figura 1. Agua purificada envasada

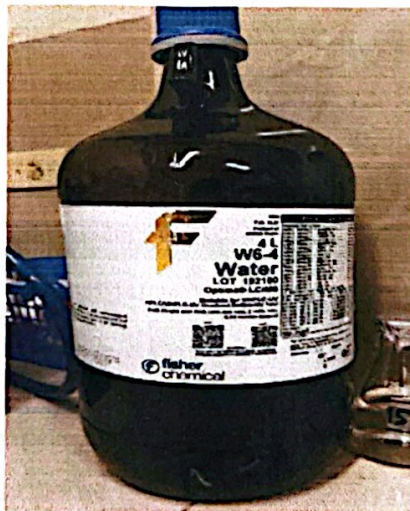
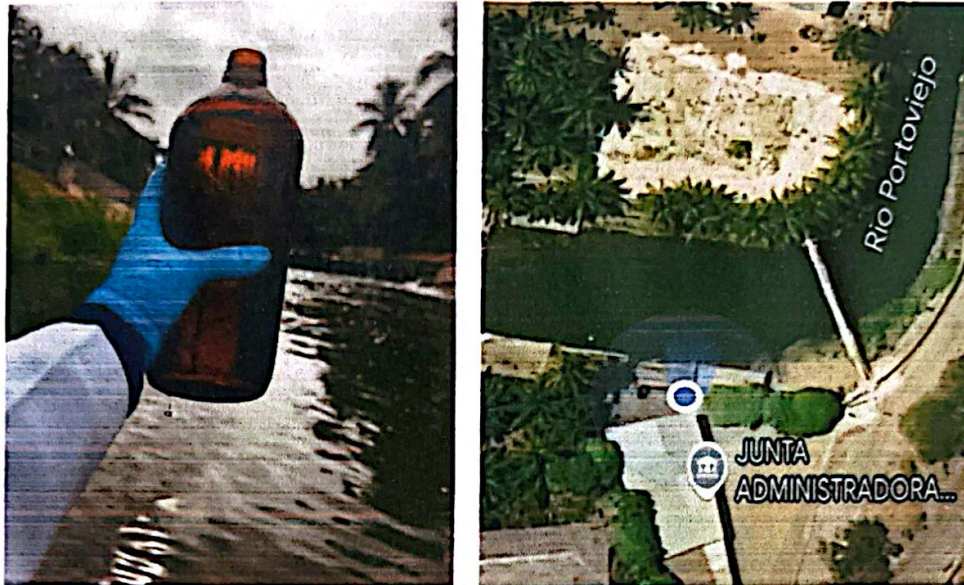


Figura 2: Muestra de agua potable



Figura 3: Muestra de agua superficial, Río Portoviejo ($0^{\circ}53'58.6''S$ $80^{\circ}29'06.3''W$)



Fase de laboratorio

La metodología aplicada dentro del estudio, se llevó a cabo en el Centro de Servicios para el control de Calidad (CESECCA), un centro registrado por el servicio de Acreditación Ecuatoriana (ULEAM, 2020). Para la determinación de cloruros se toma en cuenta que: los iones cloruros reaccionan con tiocianato de mercurio (II) dando cloruro de mercurio (II) poco disociado. El tiocianato aquí liberado forma con iones de Hierro (III), tiocianato de hierro (III) que se determina fotométricamente. El procedimiento es análogo a EPA 325.1 y APHA 4500-Cl E. (Supelco, 2021)

- **Preparación**

Dentro del estudio se seleccionaron un total de 150 muestras, obtenidas de tres diferentes tipos de agua, las cuales fueron divididas en rangos de acuerdo a sus concentraciones. Es importante tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Analizar las muestras inmediatamente después de la toma de muestras.
- El valor de pH debe encontrarse en el intervalo 1-12, si es necesario, ajustar con solución diluida de amoníaco o con ácido nítrico.
- Filtrar las muestras turbias

- **Técnica**

Una vez preparada las diferentes muestras obtenidas se realiza el método con los valores estándares del Kit del método de Cloruro, (Supelco, 2021).

En primer lugar, se procedió a la elaboración de una solución madre para llevar a cabo el proceso con datos precisos de dilución.

Solución Madre: 2000mg/lt

- Sodio: 393.48 mg Na
- Cloruro: 606.52 mg Cl

Para Obtener 2000mg /lt Cl

$$\frac{1000\text{mg Na} \times 2000 \text{ mg/ Cl}}{606.52 \text{ mg/ Cl}} = 3297.5$$

Para cada litro de H₂O se necesitan 3297.5 de ClNa para obtener una solución de 2000mg/lt de Cl.

Se procedió al cálculo de realizar el cálculo para la dilución de las muestras con la solución madre, de acuerdo a cada uno de los rangos

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

- **Rango 60 mg/lt**

$$\frac{50 \text{ mg/l} \times 100 \text{ ml}}{2000 \text{ mg/l}} = 2.5 \text{ ml de solución madre}$$

- **Rango 100 mg/lt**

$$\frac{100 \text{ mg/l} \times 100 \text{ ml}}{2000 \text{ mg/l}} = 5 \text{ ml de solución madre}$$

- **Rango 200 mg/lit**

$$\frac{200 \text{ mg/l} \times 100 \text{ ml}}{2000 \text{ mg/l}} = 10 \text{ ml de solución madre}$$

A partir del cálculo preciso en los diferentes rangos, se procedió a aflorar las muestras con la solución madre, para obtener resultados más precisos y confiables, desde esta perspectiva, para el rango de 60mg/lit se utilizan 2.5 ml de solución madre, para el rango de 10 mg/lit se utilizan 5 ml de solución madre, y finalmente para el rango de 200mg/lit se utilizan 10 ml de solución madre.

Posteriormente, se realiza el proceso de análisis, tomando en cuenta la metodología estandarizada del Kit de Cloruro.

Intervalo de medida 2,5-25,0 mg/l de Cl⁻:

Muestra preparada (10-30 °C)	5,0 ml	Pipetear en un tubo de ensayo
Reactivo Cl-1	2,5 ml	Añadir con pipeta y mezclar
Reactivo Cl-2	0,50 ml	Añadir con pipeta y mezclar
Dejar en reposo exactamente 1 minuto (tiempo de reacción), luego introducir la muestra de medición en una cubeta de 10 mm y medir inmediatamente en el fotómetro.		

Intervalo de medida 10-250mg/l de Cl⁻:

Muestra preparada (10 – 30 °C)	1,0 ml	Pipetear en un tubo de ensayo
Reactivo Cl-1	2,5ml	Añadir con pipeta y mezclar
Reactivo Cl-2	0,50ml	Añadir con pipeta y mezclar
Dejar en reposo exactamente 1 minuto (tiempo de reacción), luego introducir la muestra de medición en una cubeta de 10 mm y medir inmediatamente en el fotómetro.		

Notas sobre la medición

- Ciertos fotómetros exigen una muestra en blanco (preparación como la muestra de medición, pero con agua destilada en lugar de la muestra)
- Para la medición fotométrica las cubetas deben estar limpias.
- Si es necesario, limpiarlas con un paño seco y limpio
- Las turbideces después de acabada la reacción dan como resultado valores falsamente elevados
- El valor de pH de la solución de medición debe ser aprox. 1.
- El color de la solución de medición permanece estable solo por breve tiempo.

Análisis de datos

Se empleó la prueba estadística ANOVA (Kruskal-Wallis), la cual permite analizar y determinar las diferencias significativa en un grupo de datos, esta prueba estadística descompone la variabilidad total de los datos en dos componentes; variabilidad dentro del grupo y variabilidad entre grupos. (Thevapalan, 2024).

Desde esta perspectiva, se toman en cuenta los siguientes parámetros para el análisis de los resultados:

- Sr: < o igual a 5
- % CVr: < o igual a 5%
- % CVR: < o igual a 5%
- %R: < o igual a 10 %
- Límite de cuantificación: 58.40

3. Resultados

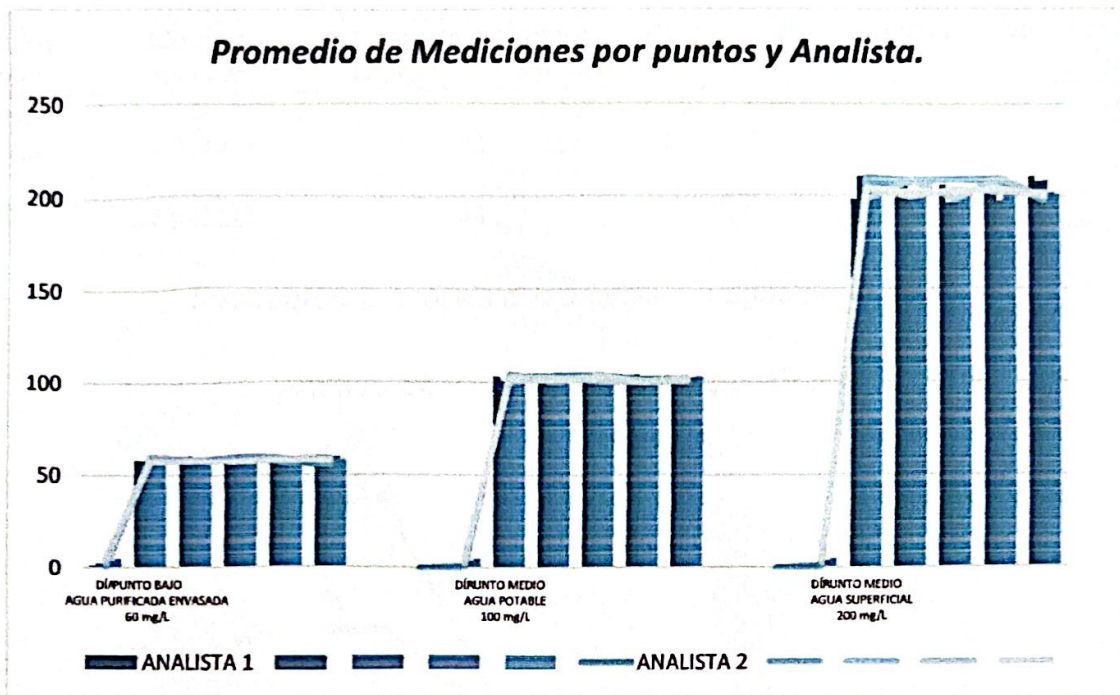
Tabla 1 Análisis de Datos recopilados en Niveles de mediciones por puntos de agua y Analistas

NIVELES	ANALISTA 1					ANALISTA 2				
PUNTO BAJO AGUA PURIFICADA ENVASADA	58.0000	58.0000	60.6667	58.6667	57.6667	57.6667	58.6667	60.3333	58.0000	57.6667
	59.3333	60.6667	57.6667	57.6667	58.3333	58.6667	58.6667	58.6667	58.0000	58.0000
	58.6667	57.6667	57.6667	59.0000	58.0000	59.6667	60.3333	57.6667	58.3333	58.3333
	59.6667	58.3333	58.6667	58.6667	57.6667	56.3333	59.0000	58.6667	57.6667	58.6667
	57.6667	58.6667	58.6667	59.6667	58.3333	55.6667	58.6667	59.3333	58.6667	58.0000
PUNTO MEDIO AGUA POTABLE 100 mg/L	103.0000	100.3333	100.6667	103.6667	102.0000	103.0000	104.3333	100.6667	103.3333	102.0000
	103.3333	102.3333	100.6667	100.3333	104.3333	103.3333	101.3333	102.6667	102.3333	100.6667
	103.3333	104.3333	100.0000	102.6667	102.0000	103.6667	104.0000	100.6667	102.0000	103.0000
	101.3333	103.6667	100.6667	102.3333	101.0000	101.3333	100.3333	100.0000	100.0000	100.6667
	103.0000	102.3333	102.3333	102.3333	103.0000	102.0000	102.3333	100.6667	102.0000	102.0000
PUNTO MEDIO AGUA SUPERFICIAL 200 mg/L	198.3333	210.6667	209.3333	202.6667	205.0000	207.0000	210.6667	198.6667	204.3333	205.0000
	207.6667	208.6667	198.6667	202.0000	202.3333	207.6667	208.6667	208.6667	200.0000	202.3333
	206.0000	196.6667	198.6667	204.0000	203.0000	209.3333	209.3333	198.6667	204.0000	203.0000
	207.6667	200.6667	197.6667	202.6667	204.0000	207.6667	209.3333	210.3333	202.6667	204.0000
	210.3333	208.0000	208.3333	202.0000	201.0000	197.6667	199.3333	199.3333	202.0000	200.6667

Durante el periodo de laboratorio se registraron un total de 150 datos entre los diferentes rangos establecidos en cada una de las muestras. En la tabla 1, se logra identificar que en el Punto Bajo (60 mg/L) se obtuvieron valores promedios muy cercanos al valor esperado de 60 mg/L. Esto sugiere que el método de espectrofotometría VIS es preciso y reproducible en este rango de concentración. Sin embargo, es importante notar que las pequeñas diferencias entre los promedios pueden deberse a variaciones sistemáticas en la técnica de cada analista. En el Punto Medio (100 mg/L), los resultados se encuentran cerca del valor nominal de 100 mg/L, con ligeras diferencias entre ellos.

Esto refuerza la validez del método para concentraciones intermedias, mostrando una alta reproducibilidad. Sin embargo, la dispersión parece ser ligeramente mayor en este rango que en el punto bajo. Y en el Punto Alto (200 mg/L), se alcanzaron resultados promedios similares, indicando que el método sigue siendo confiable a este nivel. No obstante, las desviaciones estándar son más altas en comparación con los puntos de menor concentración, lo que podría estar relacionado con la sensibilidad del instrumento a mayores concentraciones o con el manejo de muestras más concentradas.

Ilustración 1 Promedio de Mediciones por puntos y Analista



La ilustración 1, nos permite ver las concentraciones medidas promedio por en los diferentes puntos, dando como efecto que el método implementado es resistente y permite obtener resultados consistentes entre diferentes operadores.

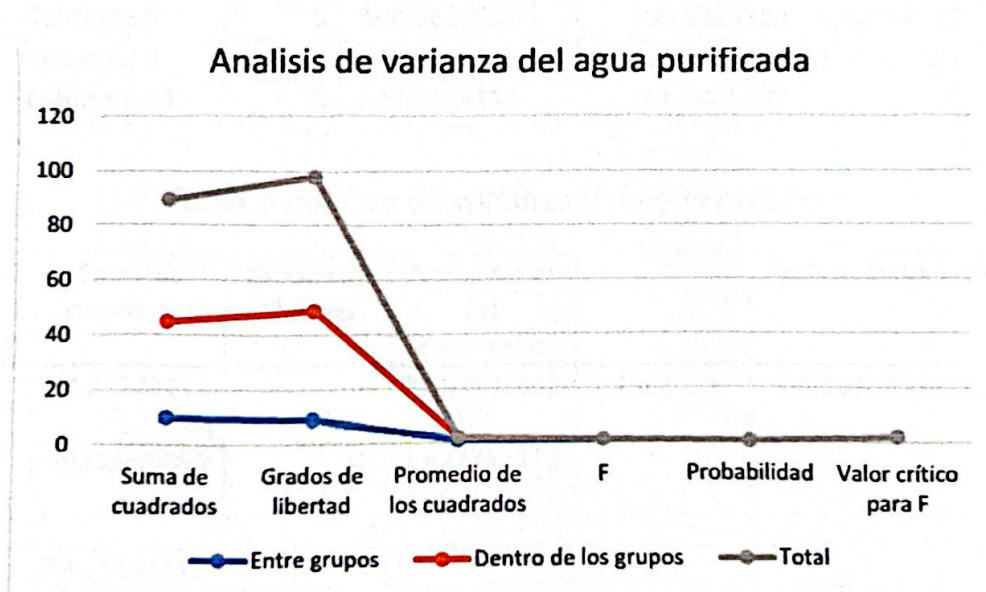
Tabla 2 Análisis de varianza de un factor agua purificada.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	5	293,3333333	58,66666667	0,72222222
Columna 2	5	293,3333333	58,66666667	1,38888889
Columna 3	5	293,3333333	58,66666667	1,5
Columna 4	5	293,6666667	58,73333333	0,52222222
Columna 5	5	290	58	0,11111111
Columna 6	5	288	57,6	2,68888889
Columna 7	5	295,3333333	59,06666667	0,52222222
Columna 8	5	294,6666667	58,93333333	0,96666667
Columna 9	5	290,6666667	58,13333333	0,14444444
Columna 10	5	290,6666667	58,13333333	0,14444444

Tabla 3 Análisis de varianza del agua purificada

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	9,797777778	9	1,088641975	1,24971655	0,293772721	2,124029264
Dentro de los grupos	34,84444444	40	0,871111111			
Total	44,64222222	49				

Ilustración 2 Análisis de varianza del agua purificada



De acuerdo con datos presentados, los promedios de las columnas están bastante cercanos entre sí, oscilando entre 57.60 y 59.07, con varianzas generalmente bajas. Por lo cual en los datos obtenidos por el Análisis de varianza el valor de frecuencia es de 1.25, obteniendo una probabilidad de 0.2938 y el Valor crítico para frecuencia de 2.1240. Lo cual nos indica que en la probabilidad no hay evidencia estadísticamente significativa para rechazar la hipótesis nula. En este caso, concluimos que las medias de las columnas no presentan diferencias significativas.

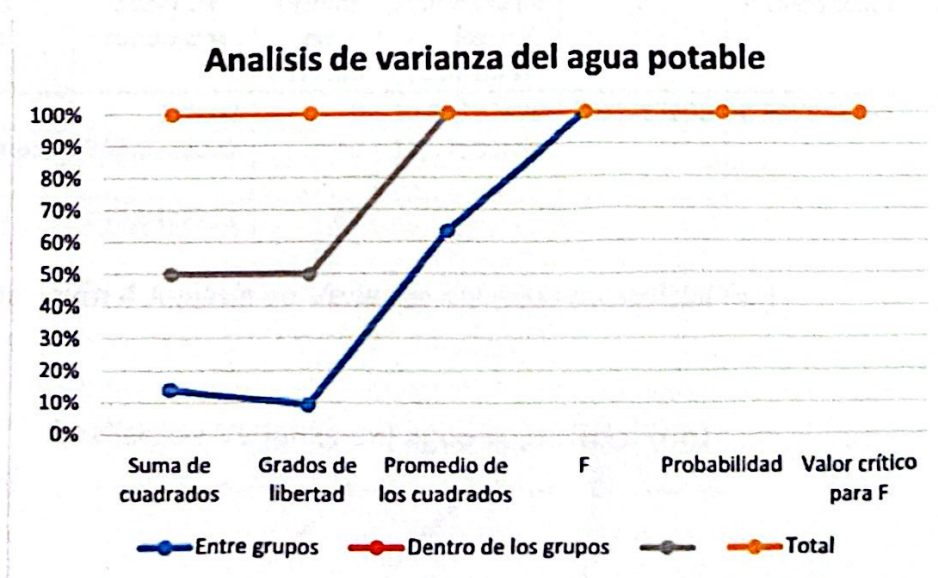
Tabla 4 Análisis de varianza de un factor agua potable.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	5	514	102,8	0,7
Columna 2	5	513	102,6	2,35555556
Columna 3	5	504,3333333	100,8666667	0,75555556
Columna 4	5	511,3333333	102,2666667	1,46666667
Columna 5	5	512,3333333	102,4666667	1,58888889
Columna 6	5	513,3333333	102,6666667	0,94444444
Columna 7	5	512,3333333	102,4666667	2,92222222
Columna 8	5	504,6666667	100,9333333	1,02222222
Columna 9	5	509,6666667	101,9333333	1,46666667
Columna 10	5	508,3333333	101,6666667	1

Tabla 5 Análisis de varianza del agua potable

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	22,22222222	9	2,469135802	1,736111111	0,1124353	2,124029264
Dentro de los grupos	56,88888889	40	1,422222222			
Total	79,11111111	49				

Ilustración 3 Análisis de varianza del agua potable



En la tabla 4, los promedios están agrupados entre 100.87 y 102.8, con varianzas ligeramente más altas en algunas columnas (ejemplo: columna 2 con 2.36 y columna 7 con 2.92). Por lo cual en los datos obtenidos por el Análisis de

varianza el valor de frecuencia es de 1.736, obteniendo una probabilidad de 0.1124 y el Valor crítico para frecuencia de 2.1240. Lo cual nos permite observar que otra vez la probabilidad es mayor a 0.05. Esto significa que no hay evidencia estadísticamente significativa para afirmar que hay diferencias en las medias entre los grupos.

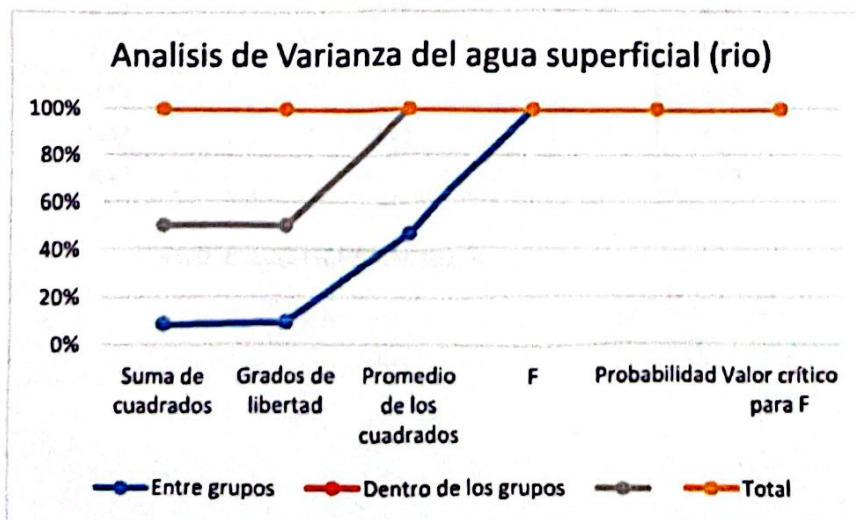
Tabla 6 Análisis de varianza de un factor agua superficial (río).

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Columna 1	5	1030	206	20,7777778
Columna 2	5	1024,666667	204,9333333	35,6888889
Columna 3	5	1012,666667	202,5333333	33,3666667
Columna 4	5	1013,333333	202,6666667	0,6666667
Columna 5	5	1015,333333	203,0666667	2,3555556
Columna 6	5	1029,333333	205,8666667	21,7555556
Columna 7	5	1037,333333	207,4666667	21,2
Columna 8	5	1015,666667	203,1333333	34,2
Columna 9	5	1013	202,6	3,0222222
Columna 10	5	1015	203	2,7222222

Tabla 7 Análisis de Varianza del agua superficial (río)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	143,62	9	15,95777778	0,90795296	0,527871164	2,124029264
Dentro de los grupos	703,0222222	40	17,57555556			
Total	846,6422222	49				

Ilustración 4 Análisis de Varianza del agua superficial (río)



En la tabla 6, los promedios de las columnas varían de manera más notable (202.53 a 207.47), y las varianzas también son más dispersas, con columnas como la 2 (35.69) y la 8 (34.2) mostrando mayor variabilidad. Por lo cual en los datos obtenidos por el Análisis de varianza el valor de frecuencia es de 0.908, obteniendo una probabilidad de 0.5279 y el Valor crítico para frecuencia de 2.1240. Lo cual indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos.

Finalmente, para los tres tipos de muestras (agua purificada, potable y superficial), los análisis de varianza no muestran diferencias significativas entre las medias de los grupos (columnas). Por lo que se determina que, en cada caso, las variaciones observadas entre los grupos podrían deberse a factores de los respectivos análisis.

Tabla 8 Caracterización del agua purificada envasada

AGUA PURIFICADA ENVASADA					
DÍA: 09/9/2024			T° : 22.3 °C		pH: 6.35
N°	LECTURAS	RESULTADO mg/L	N°	LECTURAS	RESULTADO mg/L
1	8,00	8,00	6	8,22	8,22
	8,00			8,22	
	8,00			8,22	
2	8,32	8,30	7	8,29	8,29
	8,3			8,29	
	8,29			8,28	
3	8,13	8,14	8	8,28	8,28
	8,15			8,28	
	8,15			8,27	
4	8,19	8,18	9	8,20	8,20
	8,17			8,20	
	8,18			8,21	
5	8,19	8,18	10	8,25	8,25
	8,17			8,25	
	8,17			8,25	
PROMEDIO GENERAL mg/L					8,20

Ilustración 5 Caracterización del agua purificada envasada

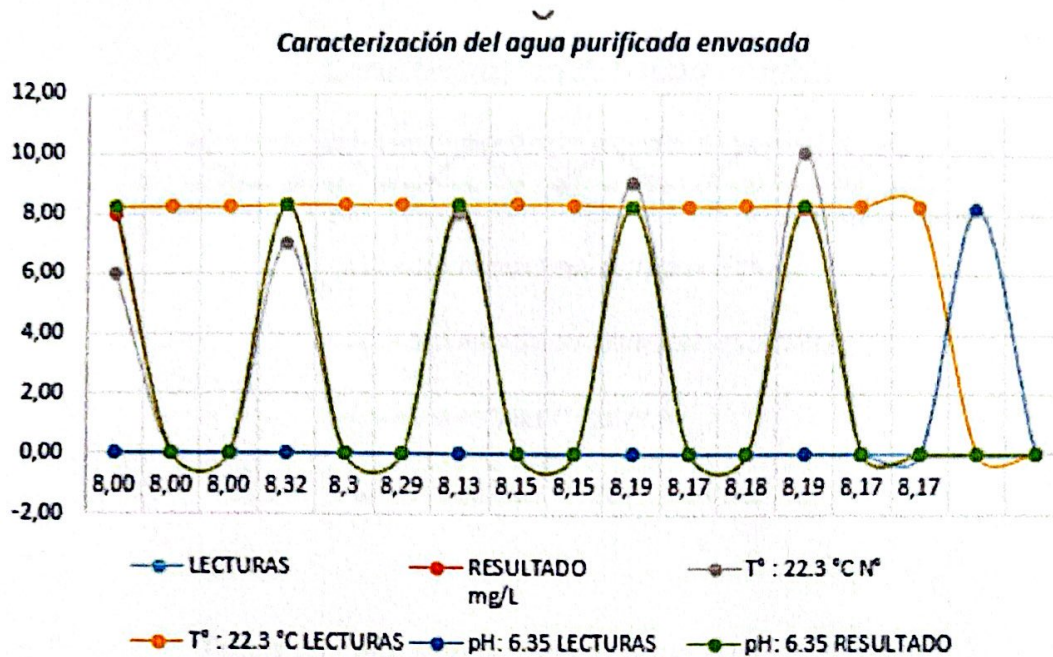


Tabla 9 Caracterización del agua potable

AGUA POTABLE					
DÍA: 09/9/2024			T° : 21.7°C		pH: 7.15
N°	LECTURAS	RESULTADO mg/L	N°	LECTURAS	RESULTADO mg/L
1	144	142,33	6	144	143,33
	144			143	
	139			143	
2	146	146,00	7	140	140,00
	146			140	
	146			140	
3	148	148,00	8	138	138,33
	148			138	
	148			139	
4	145	145,00	9	139	139,00
	145			139	
	145			139	
5	147	147,00	10	138	138,33
	147			139	
	147			138	
PROMEDIO GENERAL mg/L					142,73

Ilustración 6 Caracterización del agua potable

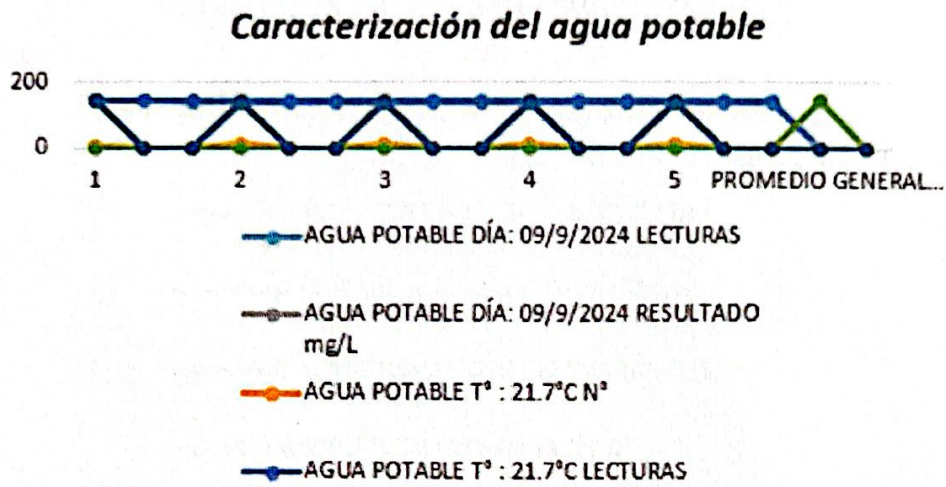
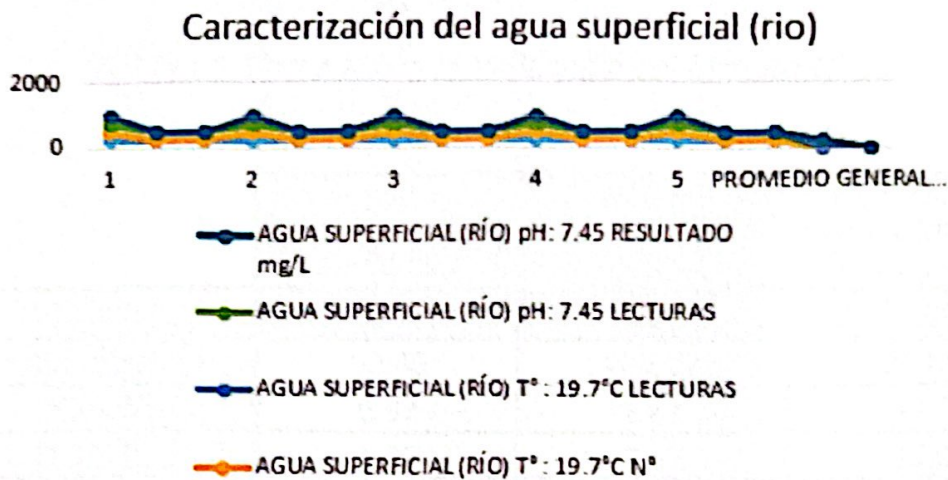


Tabla 10 Caracterización del agua superficial (rio)

AGUA SUPERFICIAL (RÍO)					
DÍA: 09/9/2024			T° : 19.7°C		pH: 7.45
N°	LECTURAS	RESULTADO mg/L	N°	LECTURAS	RESULTADO mg/L
1	243	243,00	6	242	242,67
	243			243	
	243			243	
2	243	243,33	7	242	242,00
	244			242	
	243			242	
3	244	244,00	8	243	243,00
	245			243	
	243			243	
4	243	243,67	9	243	243,33
	244			243	
	244			244	
5	244	244,00	10	243	243,33
	243			243	
	245			244	
PROMEDIO GENERAL mg/L				243,23	

Ilustración 7 Caracterización del agua superficial (rio)

En el análisis de los tres tipos de agua el promedio general del Agua Purificada Envasada es de 8.20 mg/L, el del Agua Potable de 142.73 mg/L y el del Agua Superficial (Río) de 243.23 mg/L, lo cual nos permite verificar que los valores de cloruros en el agua purificada son significativamente menores en comparación con el agua potable y superficial. Esto indica procesos de purificación efectivos que reducen el contenido de cloruros. Mientras que el agua superficial tiene el contenido de cloruros más alto, lo que puede deberse a la falta de tratamiento y posiblemente a la contaminación o la acumulación natural de minerales. Analizando las temperaturas de las muestras varían ligeramente, con la temperatura más baja en el agua superficial (19.7°C) y la más alta en el agua purificada (22.3°C).

Considerando que el pH de las muestras varía, siendo el agua purificada la más ácida (pH 6.35), el agua potable con un (pH 7.15), mientras que el agua superficial presenta el pH más cercano a la neutralidad (pH 7.45). Esto podría reflejar diferencias en la composición química y el tratamiento al que se ha sometido el agua. Determinando que los procesos de purificación y tratamiento son eficaces en la reducción del contenido de cloruros, en el agua potable, el valor promedio de cloruros aún es considerable, lo que podría ser un reflejo del tipo de fuente o tratamiento limitado, en el agua superficial requiere atención especial en cuanto a tratamiento, ya que contiene altos niveles de cloruros que podrían no ser adecuados para el consumo directo de los seres humanos.

Tabla 11. Datos sobre la Validación del Método Cloruro

	PUNTO BAJO AGUA PURIFICADA ENVASADA	APUNTO MEDIO AGUA POTABLE 100 mg/L	PUNTO MEDIO AGUA SUPERFICIAL 200 mg/L
Nivel:	60	100	200
Media general:	58,46	102,07	204,13
DCMW:	0,87	1,42	17,58
DCMB:	1,09	2,47	15,96
SL2:	0,02	0,10	0,00
Sr:	0,93	1,19	4,19
SR:	0,93	1,20	4,19
% CVr:	1,60	1,17	2,05
% CVR:	1,60	1,17	2,05
%R:	97,43	102,07	102,06

LC:	58,46
------------	--------------

De acuerdo con los datos recopilados y presentados en la tabla anterior, podemos observar que los niveles cercanos al 100% en todos los puntos evaluados muestran que el método es adecuado para medir cloruros en los diferentes tipos de agua analizados. Verificando los %CVr y %CVR se encuentran dentro de límites aceptables (<5%), lo que confirma la confiabilidad del método. Determinando que el método aplicado para la determinación de cloruros es válido y cumple con los criterios estadísticos de precisión, reproducibilidad y exactitud. Es decir, los resultados obtenidos son consistentes con las características esperadas de cada tipo de agua.

4. Discusión

La determinación de cloruros en las diferentes muestras de agua, se considera un proceso fundamental para el monitoreo de la calidad del agua, esto se debe a que, la presencia de cloruros son indicadores claves de la contaminación y la salinidad. (Colmenares & Mare, 2017)

De acuerdo con los datos obtenidos, la implementación de método de cloruros por espectrometría VIS, para el análisis de diferentes muestras de agua, ha sido considerado como una herramienta creciente en la aplicación de técnicas espectrofotométricas en la medición de iones y compuestos en el agua. Este enfoque ha sido utilizado en diversas investigaciones, debido a su precisión, facilidad y bajo costo operativo. (Oliveros Bastidas, Carrera, & Marin , 2009).

Existen ciertos estudios previos que han evaluado la eficacia de la aplicación del método en diferentes muestras de agua, lo que permite conocer información importante para comparar los resultados obtenidos dentro del laboratorio.

En el estudio efectuado por (Díaz, y otros, 2016) se realizó la cuantificación de cloruros en muestras de agua, los resultados indicaron que el método es altamente reproducible, con un coeficiente de variación inferior al 5% en una serie de mediciones, lo que concuerda con los resultados obtenidos dentro de la aplicación del método dentro del laboratorio, lo que confirma la confiabilidad del método.

Así mismo, dentro del estudio presentado por, (Norato, Romero, & Herrera, 2018) se demuestra que la espectrofotometría es una técnica eficiente para el análisis de muestras de agua con presencia de cloruros, que permite obtener resultados consistentes y reproducibles con una mínima interferencia de otros compuestos presentes en las muestras, lo que permite constatar los resultados obtenidos dentro del método aplicado dentro del laboratorio, no obstante, en el estudio presentado por (Fernández , 2017) se menciona que la precisión de los resultados puede verse afectada por la presencia de matrices complejas, como es el caso de las aguas industriales que por el origen de la misma, requiere llevar a cabo una adaptación en el proceso de calibración y el uso de reactivos adicionales para eliminar interferencias.

Al mismo tiempo, dentro de la investigación efectuada por (Gil , 2022) se presencia la determinación de cloruros en aguas naturales en donde se utiliza una técnica similar a la trabajada dentro de esta investigación, con un enfoque particular en la optimización de las condiciones ambientales para reducir los márgenes de erros asociados a la variabilidad de las muestras. Al igual que nuestro estudio, la investigación, los autores destacaron la importancia de realizar los parámetros físicos- químicos de las diferentes muestras de agua, tales como el pH y la temperatura, teniendo como resultados que, valores de (pH 6.35), (pH 7.15) y (pH 7.45) correspondientes a las diferentes muestras, lo que se afirman que, estos parámetros pueden influir significativamente en la absorción de luz y, por ende, en la exactitud de las mediciones espectrofotométricas.

Por otro lado, la investigación exhaustiva realizada por, (Fernandez , Rojas, & Lapo, 2015) comparó varias técnicas para la determinación de cloruros en agua, entre ellas la espectrofotometría VIS, la cromatografía iónica y los métodos potenciométricos. A lo largo de la investigación se demostró que el método asociado a la espectrofotometría VIS, demostró una menor sensibilidad en comparación con la cromatografía iónica, especialmente en muestras con concentraciones de cloruros muy bajas, siendo de esta forma como el método se caracteriza por su precisión, sensibilidad y su aplicabilidad a sustancias de diferentes naturalezas. (Bustamante & Carrascal, 2010).

Tomando en cuenta los aspectos esenciales de los diferentes estudios analizados, se coincide en que el método empleado dentro del laboratorio es viable para la determinación de cloruros en diferentes muestras de agua, no obstante, es importante recalcar que la precisión y sensibilidad del método dependen en gran medida de factores como la concentración de cloruros en la muestra, la calidad de reactivos, y la correcta calibración del equipo.

5. Conclusiones

La validación del método arrojó resultados sólidos que demuestran su idoneidad para el análisis de cloruros en diferentes tipos de agua, incluyendo agua purificada envasada, agua potable y agua superficial.

Por su lado, los valores de recuperación obtenidos fueron consistentemente altos: 97,43% para agua purificada, 102,07% para agua potable y 102,06% para agua superficial. Esto indica que el método permite medir de manera precisa los niveles de cloruros en las diferentes matrices analizadas, sin pérdidas significativas durante el proceso.

Por otra parte, los coeficientes de variación relativos intraensayo (%CVR) fueron bajos en todos los casos, con valores de 1,60% para agua purificada, 1,17% para agua potable y 2,05% para agua superficial. Estos resultados evidencian que el método presenta alta repetibilidad, garantizando consistencia en los análisis dentro de un mismo ensayo.

De manera similar, los coeficientes de variación relativos interensayo (%CVR) fueron equivalentes a los valores de %CVR, reflejando una excelente reproducibilidad entre diferentes ensayos y operadores.

Los valores promedio obtenidos en cada nivel (58,46 mg/L para el punto bajo, 102,07 mg/L para el punto medio y 204,13 mg/L para el punto alto) estuvieron dentro de los rangos esperados y presentan desviaciones estándar bajas, lo que confirma la linealidad del método y su capacidad para generar datos precisos y consistentes en diferentes niveles de concentración de cloruros.

De acuerdo con los datos obtenidos, el método de cloruros por espectrofotometría VIS cumple con los requisitos de exactitud, precisión, linealidad y recuperación necesarios para su implementación en el laboratorio CESECCA. Esto asegura la generación de datos confiables para el monitoreo y control de cloruros en diferentes tipos de agua, consolidando el laboratorio como una referencia en análisis de calidad y cumplimiento de estándares nacionales e internacionales.

6. Agradecimientos

Quiero agradecer principalmente a Dios, quien me ha guiado en todo este proceso y me ha dado la fuerza de seguir adelante para así poder cumplir uno de mis más anhelados deseos.

A mi padre, gracias por todo su esfuerzo y apoyo incondicional he podido llegar hasta aquí. Me llena de orgullo y satisfacción poder dedicarle este logro a él.

A mis hermanas por estar siempre presente, gracias por todo el apoyo brindado durante todo este largo camino, es un placer compartirlo con ustedes y poder demostrarles que con esfuerzo y dedicación todo es posible en la vida.

A mi abuelo, aunque ya no está en este plano terrenal, sé que desde el cielo estará orgulloso de mí. Le doy las gracias por todo el cariño hacia a mi durante toda mi infancia.

Por otro lado, agradezco a mi tutor, Blg Arturo Zavala. Por el apoyo y su sapiencia hacia nosotros durante todo el proceso de titulación. De igual manera agradezco al laboratorio Cesseca en especial al Bioq. Luis Fernández y al Ing. Fernando Veloz, por los conocimientos brindados hacia nosotros y así poder llevar a cabo nuestro trabajo de titulación.

Gracias a la Uleam, en especial a los docentes de la "Facultad Ciencias del Mar" por todos sus conocimientos impartidos durante estos años de estudio, fue un honor ser parte de esta institución.

A mis amigos de la universidad (Steven, Luis, Karen, Alejandra, Mariuxi) que de una u otra manera siempre estuvieron presto para cualquier ayuda. Gracias por siempre estar.

Finalmente, me siento muy agradecido con las personas cercanas a mí, les doy las gracias por sus mensajes de apoyo, por los momentos buenos y los momentos difíciles. Gracias por todo el aprecio demostrado.

Jorge Luis Cárdenas Mora

7. Agradecimiento

A Dios, por ser mi guía constante, por darme fuerzas en los momentos difíciles y por iluminar mi camino con su infinita sabiduría.

A mis padres Manuel y Mirian, por su amor incondicional, su apoyo incansable y por ser el pilar que me enseñaron a luchar con valentía por mis sueños, por inculcarme grandes valores que me han acompañado en todos los aspectos de mi vida.

A mis queridas hijas, Analía y Aleska, este trabajo es un tributo a su amor y apoyo incondicional, ustedes son la luz de mi vida, la razón detrás de cada esfuerzo y sacrificio que he realizado, recuerdo las noches en que cansada, me sentaba a estudiar mientras ustedes compartían sus sueños y anhelos conmigo. Esos momentos me recordaron la importancia de luchar por lo que amamos y de nunca rendimos. Recuerden siempre estaré aquí para apoyarlas en cada paso de su propio viaje.

A mi esposo, Carlos Alvarado Mejía mi compañero de vida por su paciencia, comprensión y por estar desde el principio de esta etapa a mi lado, por nunca dudar de mis capacidades, brindándome su apoyo incondicional en cada paso de este camino. Para seguir adelante, gracias por tu amor, dedicación por estar siempre ahí para mí. No pude elegir mejor compañero, este logro también es tuyo.

A mis hermanas, Jahaira, Paola, Mario y Dania por nunca dudar de mi y apoyarme en cada etapa, gracias por ser los mejores hermanos que Dios me dio.

A mi amigo y compañero de tesis Jorge Luis Cárdenas gracias por tu paciencia, dedicación por cada momento de apoyo en este largo camino. Sin duda, esta aventura no habría sido igual sin ti. ¡Lo logramos juntos! Hoy al cerrar este capítulo de nuestras vidas quiero que sepas cuanto valoro nuestra amistad.

A todos ustedes, mi más profunda gratitud y cariño.

Ana Mariuxi Anchundia Benítez.

8. Referencias

- Acosta, C. (2023). *Determinación de cloruro en agua*. Obtenido de <https://rephip.unr.edu.ar/server/api/core/bitstreams/050b5695-e1f3-4b7c-aed3-af9af15aa999/content>
- Bustamante , J., & Carrascal, L. (2010). *Estandarización de la técnica espectrofotométrica (UV-VIS)*. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/ae43de19-91ba-4b20-a579-57e401cd065c/content>
- Carrera, D., Guevara, P., Andrade, V., & Piedra, P. (2016). Análisis multitemporal de los parámetros potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica y cloruros del sistema hidrográfico del Río Ambi - Yachay. *Revista de Investigación y desarrollo*.
- Chavez, G. (2006). REVISION EXPERIMENTAL DEL INTERVALO DE pH PARA LA DETERMINACIÓN DE CLORUROS POR EL METODO DE MOHR. *Revista Boliviana de Química*, 24-26. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4263/426339668005.pdf>
- Colmenares, M., & Mare, E. (2 de Agosto de 2017). Remoción de iones cloruro presentes en efluentes utilizando hidrotalcitas como materiales absorbentes. *Revista ingeniería Uc*, 24(2), 204-217. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/707/70753474008.pdf>
- Díaz, N., Ruiz, A., Fernández , E., Galván, A., Jorrín, J., Peinado, J., & Meléndez, F. (2016). Espectrofotometría: Espectros de absorción y Cuantificación colorimétrica de biomoléculas. Obtenido de https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf
- Fernandez , L., Rojas, L., & Lapo, B. (2015). *Desarrollos experimentales en análisis instrumental*. Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/6801/1/75%20DES>

ARROLLO%20ECPERIMENTAL%20EN%20ANALISIS%20INSTRUMENTAL.pdf

- Fernández, M. (2017). *Determinación simultánea de metales*.
- Gil, L. (2022). *Determinación de cloruros en aguas residuales procedentes de la industria agroalimentaria*. Obtenido de https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/63965/TFG_LauraGilFernandez.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Hoyos, R. (2020). *VALIDACIÓN DE UN MÉTODO ANALÍTICO PARA LA DETERMINACIÓN DE NITRITOS Y NITRATOS EN AGUA POTABLE, NATURAL Y RESIDUAL POR ESPECTROMETRÍA UV-VIS*. Obtenido de <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/1b70f186-695f-40ce-a8fc-aa487e3ba9b3/content>
- Loyo, R. (2023). *Validación del método de ensayo modificado, por espectrofotometría VIS en la determinación de sulfatos*. Obtenido de <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/9f252a0b-69e8-473b-b745-0aa2455617d4/content>
- Lozano, D. (2016). *Implementación y Estandarización de un Método UV – VIS para la Determinación de la Especiación de Complejos Organometálicos en Fase Acuosa*. Obtenido de <https://repository.icesi.edu.co/server/api/core/bitstreams/5f9b8cf2-9318-7785-e053-2cc003c84dc5/content>
- Norato, J., Romero, M., & Herrera, M. (2018). *Aplicación de la espectrometría en la determinación de la concentración de cloro residual en el agua potable utilizada para consumo humano*. *Dialnet*.
- Núñez, A. (2023). *ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE LOS SISTEMAS DE REMOCIÓN DE CLORUROS EN AGUAS RESIDUALES DESDE EL AÑO 2010 HASTA LA ACTUALIDAD*. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/e18df7df-846b-45d7-9492-d2295931b0ba/content>
- Oliveros Bastidas, A., Carrera, C., & Marín, D. (2009). *Estudio por espectrofotometría UV-Vis de la reacción entre los iones de cianuro y*

picrato. Un ejemplo práctico de aplicaciones analíticas y estudios cinéticos. *Revista Colombiana de química*, 8(1). Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28042009000100004&script=sci_arttext

Secretaría de Economía. (2005). Análisis de agua- determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-método de prueba. Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166789/NMX-AA-073-SCFI-2001.pdf>

Severiche, C., Castillo, M., & Acevedo, R. (2013). *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas*. Cartagena de Indias. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/329153132_Manual_de_Metodos_Analiticos_para_la_Determinacion_de_Parametros_Fisicoquimicos_Basicos_en_Aguas

Supelco. (2021). *Test Cloruros*.

Thevapalan, A. (2024). *Prueba Anova*. Obtenido de <https://www.datacamp.com/es/tutorial/anova-test>

ULEAM. (17 de Julio de 2020). *SERVICIOS QUE BRINDA CESECCA*. Obtenido de <https://www.uleam.edu.ec/servicios-que-brinda-cesecca/>