



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

DETERMINACIÓN DE CIANURO EN SISTEMAS ACUOSOS  
APLICANDO MÉTODOS INSTRUMENTALES.

CASTILLO PONCE KATHERINE YADIRA  
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

MACHALA  
2022



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

DETERMINACIÓN DE CIANURO EN SISTEMAS ACUOSOS  
APLICANDO MÉTODOS INSTRUMENTALES.

CASTILLO PONCE KATHERINE YADIRA  
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

MACHALA  
2022



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

EXAMEN COMPLEXIVO

DETERMINACIÓN DE CIANURO EN SISTEMAS ACUOSOS APLICANDO  
MÉTODOS INSTRUMENTALES.

CASTILLO PONCE KATHERINE YADIRA  
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

LEON CUEVA RICARDO VALENTIN

MACHALA, 14 DE FEBRERO DE 2022

MACHALA  
14 de febrero de 2022

# DETERMINACIÓN DE CIANURO EN SISTEMAS ACUOSOS APLICANDO MÉTODOS INSTRUMENTALES.

*por* Katherine Yadira Castillo Ponce

---

**Fecha de entrega:** 04-feb-2022 02:50p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1747390809

**Nombre del archivo:** IANURO\_EN\_SISTEMAS\_ACUOSOS\_APLICANDO\_M\_TODOS\_INSTRUMENTALES..pdf  
(184.88K)

**Total de palabras:** 2368

**Total de caracteres:** 12482

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, CASTILLO PONCE KATHERINE YADIRA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado Determinación de cianuro en sistemas acuosos aplicando métodos instrumentales., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 14 de febrero de 2022



CASTILLO PONCE KATHERINE YADIRA  
1105860710

## **DEDICATORIA**

A Dios, por su inmenso amor y fortaleza que me brinda día a día, a mi madre que es mi guía en cada paso, a mis hermanos.

## **AGRADECIMIENTO**

Esta investigación es el resultado de la dedicación y esfuerzo de todos los que de una manera u otra supieron apoyarme.

Un agradecimiento infinito a mi madre por su constante apoyo, por inculcarme principios y valores que me han convertido en la mujer de hoy, a mis hermanos: Juan Sebastián que es mi motivación, en memoria de Juan Vinicio, a Julio Hurtado por brindarme su apoyo incondicional, pilar fundamental a lo largo de estos cinco años, a todos ellos que han logrado brindarme su apoyo en mi formación y del que estaré eternamente agradecida.

A mi tutor, BQF. Ricardo León por su paciencia y guía en el desarrollo de la presente investigación.

## RESUMEN

En Ecuador, la minería es una actividad que genera ingresos de 840 millones de dólares, así mismo el oro (Au), es el sexto producto en exportación, este atractivo conlleva a una minería extractivista ilegal que no mide las consecuencias ambientales derivando así la contaminación en sistemas acuosos aledaños a dicha actividad, siendo el Cianuro CN el principal contaminante, para determinar su concentración se puede realizar por diversos métodos entre ellos espectrofotometría y volumetría, para el desarrollo de la presente investigación se propuso como objetivo general determinar la concentración de cianuro mediante la aplicación de métodos instrumentales usados según la bibliografía para conocer los niveles de contaminación en sistemas acuosos, para ello se emplea una metodología de carácter descriptiva mediante revisión bibliográfica de informes, tesis y artículos de revistas académicas para así poder concluir que los niveles de Cianuro en el país son superiores a los permitidos, teniendo como causa principal la minería ilegal cuyos factores son el mal manejo de desechos químicos por otro lado, el 77 % de los autores en sus investigaciones aplicaron el método espectrofotométrico en la determinación de la concentración de CN mientras que el 23% se inclinó por la volumetría.

**Palabras clave:** Cianuro, espectrofotometría, volumetría, minería ilegal, sistemas acuosos.

## ABSTRACT

In Ecuador, mining is an activity that generates income of 840 million dollars, and gold (Au) is the sixth most exported product. This attraction leads to illegal extractive mining that does not measure the environmental consequences, thus leading to contamination in the aqueous systems surrounding this activity, with CN cyanide being the main pollutant, Cyanide CN is the main pollutant, and its concentration can be determined by various methods including spectrophotometry and volumetry. For the development of this research, the general objective was to determine the concentration of cyanide by applying instrumental methods used according to the literature to determine the levels of contamination in aqueous systems, For this purpose, a descriptive methodology is used by means of a bibliographic review of reports, theses and articles in academic journals in order to conclude that the levels of cyanide in the country are higher than those permitted, the main cause being illegal mining, the factors of which are the poor handling of chemical waste. On the other hand, 77% of the authors in their research applied the spectrophotometric method to determine the concentration of CN, while 23% opted for volumetry.

**Keywords:** Cyanide, spectrophotometry, volumetry, illegal mining, aqueous systems.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	1
RESUMEN .....	3
ABSTRACT .....	4
ÍNDICE .....	5
ÍNDICE DE TABLAS .....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
LISTA DE ABREVIATURAS.....	6
1 INTRODUCCIÓN.....	7
1.1 Problema .....	8
1.2 Objetivos .....	8
1.2.1 Objetivo general.....	8
1.2.2 Objetivos específicos.....	8
2 DESARROLLO .....	9
2.1 Minería ilegal.....	9
2.2 Cianuro.....	10
2.3 Espectrofotometría.....	10
2.4 Volumetría .....	11
3 METODOLOGÍA .....	12
3.1 Método espectrofotométrico .....	12
3.2 Método volumétrico.....	12
3.3 Causa y factores de contaminación en sistemas acuosos a causa del CN .....	13
3.4 Concentraciones de CN.....	13
3.5 Determinación de CN.....	14
4 CONCLUSIONES .....	16
5 BIBLIOGRAFÍA.....	17

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Concentración de cianuro según los autores.....	13
--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Aplicación de métodos de determinación de cianuro en sistemas acuosos..	15
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS

1. CN: Cianuro
2. HCN: Cianuro de hidrógeno
3. Au: Oro
4. AgNO<sub>3</sub>: Nitrato de Plata
5. KI: Yoduro de potasio
6. NaOH: Hidróxido de sodio
7. (CNCl): cloruro cianógeno
8. AgCN: Cianuro de plata
9. Prov.: Provincia

# 1 INTRODUCCIÓN

La intervención del ser humano en el desarrollo de algunas actividades como la minería generan un gran impacto en la naturaleza y afectan las condiciones ambientales, así como también las condiciones de las comunidades que lo rodean y la vida de los ecosistemas. En la actualidad las grandes dinámicas globales requieren nuevas formas y niveles de producción, el modelo extractivista ha sido implantado en Ecuador como una de las acciones de carácter económico más significativo, fuente de ingreso y dinamización de la economía de forma directa e indirecta. Sin embargo, los efectos colaterales tanto sociales, culturales especialmente los ambientales, han sido perceptibles al paso del tiempo <sup>1</sup>.

En algunos casos la falta de regulación ha inducido a que algunos intereses particulares realicen actividades extractivas mineras ilegales que no han obedecido al tema de responsabilidad social empresarial ni la menor preocupación por el medio ambiente <sup>2</sup>.

La explotación de los minerales provenientes del suelo, ha generado inmensos daños en los ecosistemas, puesto que estos procesos necesitan la aplicación de químicos y de sustancias altamente tóxicas y peligrosas, como el cianuro de sodio, este compuesto, es empleado por grandes cantidades en la minería. Por tal razón es imperioso el impacto en el ser humano y en la vida acuática, puesto que es eliminado como desecho en algunos lagos, vertientes o ríos. Los mismos que posteriormente sirven para riego o en algunos casos satisfacer las necesidades de algunas comunidades <sup>3</sup>.

En el presente manuscrito se aborda una investigación bibliográfica acerca del método instrumental que se recomienda para emplear en la determinación de CN en los sistemas acuáticos. El CN, está participando de diferentes formas dependiendo de su composición y estabilidad, por todo esto, cada una de estas características determinan el nivel de su toxicidad.

De manera particular, el CN en su forma libre y cianuro de Hidrógeno (HCN), resultan sus formas más peligrosas derivado por su capacidad tóxica, inclusive puede llegar a ser mortales, con cantidades de 50 a 100mg/L. Su presencia puede ser detectada en pequeñas dosis que van desde 20mg/L hasta 30 mg/L<sup>4</sup>.

El CN en su forma libre, mediante métodos como la degeneración natural, como lluvias, carbón activo y cloración alcalina pueden convertirse en una sustancia química menos tóxica. Existen varios métodos instrumentales para determinar la presencia de CN en sistemas acuáticos, pero los más recomendables se tratarán en el desarrollo de esta investigación que corresponde al método espectrofotométrico y volumétrico <sup>3</sup>.

## **1.1 Problema**

¿Qué método instrumental recomienda utilizar para determinar la concentración de cianuros en sistemas acuosos?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

- Determinar mediante revisión bibliográfica la concentración de cianuro y la aplicación de métodos instrumentales para conocer los niveles de contaminación en sistemas acuosos.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Identificar los factores y causas de la contaminación por cianuro.
- Describir los métodos instrumentales para la determinación de cianuros.

## 2 DESARROLLO

### 2.1 Minería ilegal

En nuestro país la minería se traslada desde tiempos incaicos, hoy en día el Au es el sexto producto en exportación a nivel nacional, generando ingresos de 840 millones de dólares<sup>5</sup>.

Así mismo, la minería de manera ilegal como en la gran mayoría de países de América del Sur, ha causado daños especialmente en la salud del personal que labora en estos sectores en un ambiente de inseguridad, así como también de las personas que habitan a los alrededores. En la provincia de El Oro, en los cantones como Portovelo y Zaruma, la minería ilegal y sin control ha provocado consecuencias destructivas en el medio natural, como socavones que han afectado de manera económica y social a sus habitantes, así como también la vida de los ecosistemas circundantes. Del mismo modo en provincias como Azuay, Zamora Chinchipe, Imbabura y Esmeraldas donde se realiza a mayor escala dicha actividad<sup>1</sup>.

Entre los efectos ambientales más relevantes que destaca como consecuencia de la actividad minera se encuentra la contaminación por expulsión y eliminación significativa y en cantidades considerables de relaves con desechos químicos entre ellos el mercurio y cianuro en acuíferos como efluentes, vertientes y lagos.<sup>6</sup> Por otro lado, normalmente se observa una gran cantidad de deforestación, daños al suelo y subsuelo que evidencian detrimento al paisaje de la naturaleza<sup>7</sup>.

Según Güiza, en su estudio sobre los impactos ambientales, en la minería ilegal se demuestra que los mineros a pequeña escala, tienden con más frecuencia a provocar daños ambientales irreversibles. Las condiciones en las cuales ejecutan sus actividades de extracción, en su mayoría son de carácter ilegal. Tienden a incrementar costos a diferencia de las empresas que su producción es a mayor escala que cumple con la normativa y reglamentos establecidos para la disminución del costo ambiental<sup>8</sup>.

Estudios científicos elaborados en Colombia manifiestan que la minería a una pequeña escala de manera general se encuentra en contextos de ilegalidad tanto minera como ambiental. Como consecuencia genera un deterioro considerable en referencia a las empresas mineras legales, las mismas que deben elaborar un plan de remediación para así poder operar<sup>8</sup>.

## 2.2 Cianuro

El CN es un compuesto de carácter químico que se distingue de los demás por su composición de un solo átomo de carbono, acoplado a un átomo de nitrógeno, por medio de un enlace que se conoce como covalente triple<sup>9</sup>.

Los compuestos que se desprenden son: CN libre, compuestos simples y compuestos complejos, dando como consecuencia el CN total, que es la suma del simple y compuesto, presentes en alguna solución acuosa<sup>10</sup>.

Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización, el agua para estimarse potable debe contener como máximo 0,07 mg/L de CN<sup>11</sup>, por otro lado, el Ministerio del Ambiente en el año 2015 señala que los límites permisibles de CN en agua para consumo humano son de 0,2 mg/L, mientras que los razonamientos de calidad aceptables para la preservación y conservación de la vida acuática y silvestre en sistemas acuosos son de 0,1 mg/L. Por lo tanto, se prohíbe la descarga de sustancias que contengan dicho compuesto en una concentración mayor de 1,0 mg/L al régimen de alcantarillado, así mismo el límite de liberación a un cuerpo de agua dulce es de 0,1 mg/L, mientras que en un cuerpo de agua marina con un valor máximo de 0,2 mg/L<sup>12</sup>.

En el hombre sus efectos tóxicos son diversos, cuando es ingerido presenta trastornos gastrointestinales, náuseas, vómito y dolor abdominal por otro lado cuando es inhalado se presenta de manera rápida la taquipnea posterior la bradipnea y finalmente la bradicardia con hipotensión,<sup>13</sup> con la ingesta de 50 hasta 100 mg/L de CN puede generar muerte en al menos 30 minutos.<sup>14</sup> De manera general en animales se ha demostrado que puede causar efectos teratogénicos; entre ellos encefalocele, exencefalia así como también anomalías en el progreso de arcos costales y fetotoxicidad.<sup>13</sup>

## 2.3 Espectrofotometría

Es un método instrumental de análisis, una herramienta útil y poderosa para el análisis de carácter cuantitativo. Sus principales características: amplitud en la aplicación en sistemas bioquímicos y orgánicos, límites de detección relativamente alto, su sensibilidad, exactitud y precisión, así como también la rapidez y selectividad.<sup>15</sup> Se fundamenta en la medición de luz, para medir la absorbancia de la luz se emplea instrumentos denominados espectrofotómetros. Los cuales en su mayoría están compuestos por un detector de datos compartimentos para guardar tubos o cubetas, detectores de luz y un convertidor de luces luminosas en señales eléctricas. es incorrecta la redacción de párrafos conformados por solo una oración.

## **2.4 Volumetría**

Elegir un método o una técnica de análisis químico recomendable para determinar el CN, requiere de los aspectos que se desean identificar, entre los cuales están la concentración total, precisión, confiabilidad, así como también las interferencias que puedan influir ya sea de manera directa o indirecta en el método a emplearse.

En la minería, en el método de recuperación de oro mediante cianuración, se toma una muestra de la amalgama la misma que se deja precipitar, de esta se toma el sobrenadante y mediante volumetría se logra determinar la concentración de CN. Es una técnica que se sustenta en la reacción del nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) junto al ion de CN para componer una solución de carácter alcalina. Mientras que Yoduro de Potasio (KI), se añade como indicador donde se observara la presencia de turbidez en forma constante y permanente en una combinación de colores amarillo y blanco.

### 3 METODOLOGÍA

En el presente estudio se desarrolla una investigación de tipo descriptiva puesto que, mediante la revisión bibliográfica de informes, tesis y artículos de revistas académicas. Se sustenta esta investigación de manera teórica, se considera de carácter experimental porque mediante el análisis de laboratorio, empleando el método espectrofotométrico y volumétrico. Se determina la presencia de cianuro en una muestra de los sistemas acuosos para en lo posterior realizar una comparación de los métodos empleados. La comprobación de concentración de CN puede efectuarse mediante los métodos espectrofotométrico o volumétrico.<sup>7</sup>

#### 3.1 Método espectrofotométrico

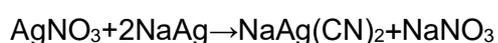
El método espectrofotométrico generalmente es empleado para determinar la concentración de CN en sistemas acuosos. Este procedimiento revela cianuros que se encuentran en manera de simples sales solubles a su vez de complejos radicales.<sup>16</sup> Los cianuros, entre ellos el HCN, son rescatados por el reflujo de una muestra con un fuerte ácido, el HCN se impregna en una emulsión de NaOH. El ion CN en una solución absorbente se establece en aquel momento por espectrofotometría. En el control espectrofotométrico, el CN se transforma en cloruro cianógeno (CNCl) por la obstrucción con cloramina-T, a un pH por debajo de 8 frenando que se efectúe la hidrólisis de los cianuros. Luego que la reacción concluya, el color que se forma por el aditamento de reactivo ácido piridin-arbitpurico, por ende, la concentración de NaOH debe ser semejante a los estándares y la muestra para conseguir colores comparables de intensidad.<sup>17</sup>

#### 3.2 Método volumétrico

Para la determinación de CN en sistemas acuosos, se emplea el método estándar aplicable en concentraciones superiores a 1mg/L, la técnica se basa en la reacción de AgNO<sub>3</sub>, con el ion cianuro en solución alcalina para formar el complejo soluble Ag(CN)<sub>2</sub><sup>-</sup>, según la siguiente reacción <sup>7</sup>:



Cuando no hay más capacidad de CN en solución el exceso de plata precipita como AgCN, reacciona con el indicador IK<sup>7</sup>, el punto final de la titulación lo facilita la aparición de turbidez permanente de un color blanquecino o amarillento opalescente quedando la siguiente reacción <sup>18</sup>:



### 3.3 Causa y factores de contaminación en sistemas acuosos a causa del CN

El agua es el líquido vital para la vida es por ello que su uso debe ser racional, así como también obligatorio el control de agentes contaminantes.<sup>19</sup> Entre las principales causas de su contaminación está la minería ilegal y todas sus actividades derivadas, entre ellas tenemos bocaminas, relaves e infraestructuras dedicadas al procesamiento del material o cuarzo. Dicho criterio es compartido con Wong, E.,<sup>20</sup> Ibáñez, E.<sup>21</sup> y Solorzano, J.<sup>22</sup>. Mientras que los factores contaminantes son el tipo de suelo y su conductividad, el manejo inadecuado de los sistemas de relave, el drenaje ácido, mal manejo de desechos químicos y los derrames de CN.

### 3.4 Concentraciones de CN

Diversos estudios realizados en sistemas acuosos como efluentes y afluentes cercanos a actividades mineras en nuestro país revelan que las concentraciones de CN están por encima de los niveles permitidos como se detalla en la tabla 1.

**Tabla 1** Concentración de cianuro según los autores.

<i>Autor</i>	<i>Sitio de Estudio</i>	<i>Lugar de recolección</i>	<i>Concentración de CN mg/L</i>
<i>Pacheco, P. (2014)<sup>23</sup></i>	<b>Prov. Azuay</b>	Tanque de Cianuración	280,000
	<b>Cantón:</b> Camilo Ponce	Sedimentación	10,000
<i>Campos, C. (2015)<sup>24</sup></i>	<b>Prov. Azuay</b>	Compañía Minera "ORENAS S.A."	159,200
	<b>Cantón:</b> Camilo Ponce	Compañía Minera "PAZ BORJA"	58,400
<i>Fernández, J. (2019)<sup>25</sup></i>	<b>Prov. El Oro</b>	Río Calera	0,898
	<b>Cantón:</b> Portovelo	Río Pindo	0,035
		Río Puyango	0,561

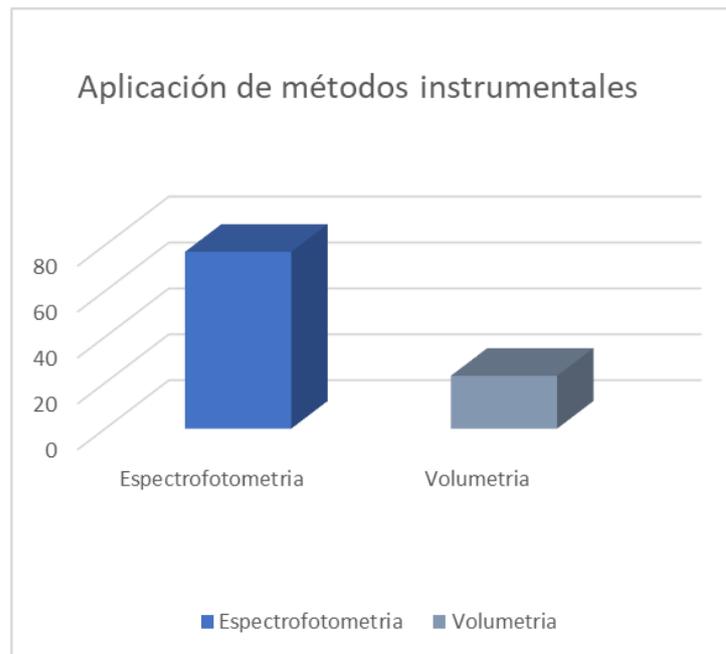
Rivera, (2018) <sup>26</sup>	H	Prov. Morona Santiago	Empresa Minera	0,003
		<b>Cantón:</b> Limón Indanza		
Valenzuela, J. (2017) <sup>27</sup>		Prov. Imbabura	Río Tortugo	173,000
		<b>Cantón:</b> Cotacachi		
Unda, (2020) <sup>28</sup>	N	Prov. El Oro	Planta de Beneficio	0,570
		<b>Cantón</b> Portovelo	"Virgen de la Nube"	

### 3.5 Determinación de CN

En los hallazgos bibliográficos, de un total de 13 artículos científicos y tesis para determinar CN en sistemas acuosos el 77% de los autores se inclinaron por el método de espectrofotometría como se puede observar en la ilustración 1; entre ellos Ibáñez, E.,<sup>21</sup> Rafael, G.,<sup>16</sup> Fernández, J.,<sup>25</sup> Y Unda, N.,<sup>28</sup> mientras que Prieto, J.<sup>3</sup> establece una longitud de onda de 235 nm, Martínez, A.<sup>15</sup> prefiere una longitud de 612 nm y finalmente Valenzuela, J.,<sup>27</sup> con 290 nm. Por otro lado, Campos, C.,<sup>24</sup> en su metodología señala que mediante espectrofotometría se puede detectar CN desde 0,002 mg/L a 0,204 mg/L. Sin embargo, Fajardo, J.,<sup>29</sup> señala que es detectable desde 0,004 mg/L hasta 0,014 mg/L, finalmente todos concuerdan que es un método exacto y confiable.

Por otro lado, la volumetría es un método sencillo en los cuales solo el 23% de los autores se inclinaron, entre ellos Gaviria, A.,<sup>7</sup> Barrientos, J.,<sup>30</sup> Nava, A.,<sup>31</sup> y como recomendación en este procedimiento se lo debe realizar por triplicado para generar mayor confiabilidad.

**Figura 1** Aplicación de métodos de determinación de cianuro en sistemas acuosos.



Elaborado por: Autor

Fuente: Autor

## 4 CONCLUSIONES

- Se determinó las diferentes concentraciones de CN en los sistemas acuosos cercanos a trabajos de minería, pudiendo aseverar que somos un país que tiene altos índices de contaminación química debido a este elemento.
- Se identificó que la principal causa de contaminación derivada del cianuro es la minería ilegal y sus actividades derivadas que llegan a un punto en común que son las infraestructuras dedicadas al procesamiento del material o cuarzo mineralizado.
- Se logró describir el método instrumental de determinación de cianuro en sistemas acuosos dando como resultado el método espectrofotométrico el más empleado lo cual se recomendaría para próximas investigaciones el empleo de dicho método.

## 5 BIBLIOGRAFÍA

- (1) Banco Central del Ecuador. *Sector Minería*; **2019**, 1-4.
- (2) Carrizo, S.; Forget, M.; Denoël, M. Implantaciones minera y trayectorias territoriales. El noreste argentino, un nuevo centro extractivo mundial. *Rev. Estudios Sociales* **2016**, (55), 120–136.
- (3) Prieto, J.; Pérez, E.; Pérez, C.; Suárez, P.; Herrera, M. Evaluación técnica y ambiental de la ozonización de la remoción de cianuro de cobre (I) presente en aguas residuales industriales. *Rev. Cubana de Química* **2009**, 21 (2), 70–79.
- (4) Ascuña, R., Victor, B., Zela, O. Tratamiento de soluciones de cianuro y precipitación de metales cianicidas por reacción con el peróxido de hidrógeno y soda cáustica, el método perso; obtención de lodos económicamente útiles. *Rev. Boliviana de Química* **2018**, 35 (5), 161–167.
- (5) Banco Central del Ecuador. *Reporte de Minería Primer Trimestre 2021*. **2021**, 1–35.
- (6) Reyes, Y.; Vergara, I.; Torres, O. Vista de Contaminación Por Metales Pesados: Implicaciones En Salud, Ambiente y Seguridad Alimentaria. *Rev. Ingeniería, Investigación y Desarrollo* **2016**, 1–12.
- (7) Gaviria, A.; Meza, L. Análisis de Alternativas Para La Degradación Del Cianuro En Efluentes Líquidos y Sólidos Del Municipio de Segovia, Antioquia y En La Planta de Beneficio de La Empresa Mineros Nacionales, Municipio de Marmato, Caldas. *Rev. DYNA* **2006**, 73 (149), 31–44.
- (8) Güiza, L. Perspectiva Jurídica de Los Impactos Ambientales Sobre Los Recursos Hídricos Provocados Por La Minería En Colombia. *Opinión Jurídica- Universidad de Medellín* **2011**, 123–140.
- (9) Pinzón, M., Contreras, C., Uribe, M. Envenenamiento Por Cianuro. *Rev. Colombiana de Psiquiatría*. **2002**, 31 (4), 271–275.
- (10) Guerrero, J. Cianuro: Toxicidad y Destrucción. *El Ingeniero en Minas* **2013**, No 25, 22–25.
- (11) INEN, N. Nte Inen 1108:2011. *Instituto Ecuatoriano Normalización*. **2011**, 1-9.
- (12) Ministerio del Ambiente del Ecuador. *Acuerdo Ministerial 097-A. Libr. VI, Anexo 4* **2015**, 1-184.
- (13) Ramírez, A. Cyanide Toxicity. Bibliography Research of Its Effects in Animals and Man; *Rev. An. de la Facultad de Medicina* **2010**, 54-61.

- (14) Estrada, A.; Zuluaga, M.; Berrouet, M. Intoxicación Por Cianuro, Perspectiva Desde Urgencias: Reporte de Dos Casos y Revisión de La Literatura. *Rev. de la Escuela de Ciencias de la Salud de la Universidad Pontificia Bolivariana*, **2019**, 38 (2), 168–176.
- (15) Martínez, A. Validación de Métodos Analíticos Por Espectrofotometría Para Determinar Sulfatos, Cianuros y Cromo Hexavalente En Aguas, Suelos y Lixiviados. *Universidad Central Del Ecuador* **2013**, 26 (4), 185–197.
- (16) Rafael, G. *Universidad Nacional Del Centro Del Perú* **2020**, 1–75.
- (17) NMX-AA-058-SCFI-2001. Determinación de Cianuros Totales En Aguas Naturales, Potables, Residuales y Residuales Tratadas - Método de Prueba. *Norma Mex.* **2001**, 1–28.
- (18) Argota-Pérez, G.; Argota-Coello, H.; Mamani, J. Determinación analítica por exposición a cianuro libre en efluentes mineros, planta artesanal poderosa Ananea – Puno. *Rev. Cátedra Villarreal* **2014**, 2 (1), 11–18.
- (19) Serrano, A.; Martínez, M.; Fonseca, L. Diagnóstico y caracterización de la minería ilegal en el municipio de Sogamoso, hacia la construcción de estrategias para la sustitución de la minería ilegal. *Tendencias* **2016**, 17 (1), 104–119.
- (20) Wong, E. Evaluación de la contaminación por cianuro de la minería artesanal en el cerro La Bola mediante el empleo de SIG y regresión Kriging. *Rev. Ciencia y Tecnología.* **2021**, 17 (4), 33–43.
- (21) Ibañez, E. Estudio de la contaminación por plomo y cianuro en las aguas de la laguna de Sausacocha. Huamachuco- Provincia De Sánchez Carrión, La Libertad, Perú. 2015. *Universidad Nacional de Trujillo* **2016**, 1-49.
- (22) Solórzano, J.; Ramírez, J. Evaluación del impacto ambiental de las aguas superficiales de la quebrada Sipchoc, por efecto del drenaje de la actividad minera Huancapetí SAC, 2015. *Aporte Santiaguino* **2017**, 9 (1), 81.
- (23) Pacheco, P.; Monteros, D. Tratamiento químico y biológico de efluentes mineros cianurados a escala laboratorio. *Maskana* **2015**, 5 (10), 133–139.
- (24) Campos, C.; De la torre, E. Estudio de la detoxificación de efluentes cianurados por oxidación con dióxido de azufre, aire y catalizadores de cobre. *Rev. Politécnica* **2015**, 34 (2).
- (25) Fernandez, J. Nivel de contaminación por metales pesados: Hg, Pb, As y Cianuro (CN-), en el naciente río Binacional Puyango –Tumbes (Perú – Ecuador). *Universidad Nacional de Trujillo* **2019**, 1-90.
- (26) Rivera, H. Desarrollo de una técnica de biorremediación para el tratamiento de agua residual proveniente de la recuperación de oro. *Universidad Nacional de Chimborazo* **2018**, 1–56.
- (27) Valenzuela J. *Pontificia Universidad Católica del Ecuador* **2017**, 1-91.

- (28) Unda, N. Aislamiento e identificación de bacterias nativas biodegradadoras de Cianuro y Arsénico presentes en relaves mineros de oro; *Universidad Central del Ecuador* **2020**. 1-105.
- (29) Fajardo, J. Estudio de métodos químicos de remoción de cianuro presentes en residuos de cianuración provenientes del proceso de extracción de oro de veta en el departamento de Nariño. *Rev. Luna Azul* **2010**, No. 31, 8–16.
- (30) Barrientos, J. C.; Medina, J. D. Estudio de la reacción de oxidación química de Cianuro para el tratamiento de aguas residuales de una Empresa Minera. *Universidad EAFIT* **2018**, 1–18.
- (31) Nava-Alonso, F.; Elorza-Rodríguez, E.; Uribe-Salas, A.; Pérez-Garibay, R. Análisis químico del cianuro en el proceso de cianuración: revisión de los principales métodos. *Rev. de Metalurgia* **2007**, 43 (1), 20–28.