



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DE EFECTOS TOXICOLÓGICOS DEL CIANURO EN *Daphnia magna*.

AUTORA

YADIRA GABRIELA VALDEZ ALBA

AÑO:
2020



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DE EFECTOS TOXICOLÓGICOS DEL CIANURO EN *Daphnia magna*.

“Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos para optar por el título de Ingeniera Ambiental en Prevención y Remedación”

Profesor Guía
MSc. Indira Fernandina Black Solís

Autora
Yadira Gabriela Valdez Alba

Año
2020

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

Declaro haber dirigido el trabajo, 'Evaluación de efectos toxicológicos del cianuro en *Daphnia magna*', a través de reuniones periódicas con el estudiante, Yadira Gabriela Valdez Alba, en el semestre 202010, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimientos a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



Indira Fernandina Black Solís

Máster en Conservación y Gestión del Medio Natural

CC: 171127356-3

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

Declaro haber revisado este trabajo, 'Evaluación de efectos toxicológicos del cianuro en *Daphnia magna*', del estudiante Yadira Gabriela Valdez Alba, en el semestre 202010, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



Yasser Alejandro González Romero

Máster en Ingeniería Ambiental

CC:0703737627

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gabriela Valdez', is written over a horizontal line.

Yadira Gabriela Valdez Alba

CC: 1900624550

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero Dios por permitirme culminar esta etapa tan importante de mi vida siendo mi guía y dándome sabiduría en cada paso, a mis padres Mesías y Teresa por nunca dejarme caer y ser mi ejemplo de lucha y perseverancia, a mis suegros Diana y Edwin por su apoyo y cariño en estos últimos años de estudio, por su puesto a mi esposo Joshua por su apoyo y amor incondicional.

DEDICATORIA

A mis padres por siempre apoyarme y no dejar de confiar en mí, a mis hermanos Jéssica y Javier por siempre alentarme a salir adelante, y por último y lo más importante a mi esposo Joshua y a mi hija Kory por ser mi motor y motivación para seguir luchando por mis anhelos.

RESUMEN

Los cuerpos de agua dulce, por muchos años han sido los receptores directos o indirectos de aguas residuales creadas por las actividades realizadas por el hombre. En el Ecuador, la actividad minera ha incrementado considerablemente los últimos años, en la cual se utiliza el cianuro en el proceso de lixiviación del oro. El cianuro es un compuesto riesgoso de tratar si no es con cautela y adecuadamente, si el proceso de extracción es defectuoso las consecuencias se ven reflejadas en el medio ambiente, por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto toxicológico del cianuro en *Daphnia magna*.

Para este ensayo se utilizó agua sintética (NaCN) con la concentración de: T1 (0.1 mg/L), T2 (0.01 mg/L), T3 (0.005 mg/L) y agua de mina que contenía cianuro y metales pesados (lixiviación) con las concentraciones de: T4 (0.1 mg/L), T5 (0.01 mg/L), T6 (0.005 mg/L) y el T7 (testigo, agua reposada). Las concentraciones de los tratamientos 1,2,4 y 5 se tomaron en base a lo establecido en TULSMA y sus normas ambientales con vigencia, Libro VI, Anexo 1; y para los tratamientos 3 y 6 se tomaron en base a resultados obtenidos en ensayos preliminares. Se realizaron 5 repeticiones por cada tratamiento y 10 réplicas por cada repetición en vasos de precipitación de 50 ml, para los cuales se analizaron efectos letales (mortalidad) y subletales (movilidad a las 3 horas y reproducción a los 20 días).

En los ensayos toxicológicos frente a cianuro de sodio los resultados obtenidos en cuanto a mortalidad y reproducción presento efectos negativos en el tratamiento 1 y 4 (0.1 mg/L) ya que todos los individuos murieron antes de las 24 horas, en cuanto a la movilidad en los 6 tratamiento las pulgas de agua tuvieron letargo excepto en el testigo. De esta manera se evidenció que a mayor concentración y mayor tiempo de exposición de cianuro de sodio son mayores los efectos negativos que causa en *Daphnia magna*.

Palabras claves: toxicidad, *Daphnia magna* y cianuro de sodio.

ABSTRACT

For many years, freshwater bodies have been the direct or indirect recipients of wastewater created by man-made activities. In Ecuador, mining activity has increased considerably in recent years, in which cyanide is used in the gold leaching process. The fact of the high toxicity of this metal makes it a risky compound to treat if it is not with caution and adequately, if the extraction process is defective the consequences are reflected in the environment, for this reason, the purpose of this investigation was to evaluate the toxicological consequences of cyanide in *Daphnia Magna*.

For this test, synthetic water (NaCN) was used with the concentration of: T1 (0.1 mg / L), T2 (0.01 mg / L), T3 (0.005 mg / L), and mine water containing cyanide and heavy metal remains (leaching) in concentrations of: T4 (0.1 mg / L), T5 (0.01 mg / L), T6 (0.005 mg / L) and T7 (control, water still). The concentrations of treatments 1, 2, 4 and 5 were taken based on the provisions of TULSMA and its current environmental regulations, Book VI, Annex 1. For treatments 3 and 6, previous studies and their results were considered. Five repetitions were performed for each treatment and 10 replications for each repetition in 50 ml beakers, for which lethal effects, that is to say, mortality, and other sublethal ones such as mobile capacity after 3 hours and reproduction were analyzed after 2 days.

In toxicological tests against sodium cyanide, the results obtained on aspects of mortality and reproduction reflected negative results in treatment 1 and 4 (0.1 mg / L) since all individuals died before 24 hours. In terms of mobility in the 6 treatment, except in the witness, the water fleas had lethargy. In this way, it was shown that the greater the concentration and the longer the exposure time of sodium cyanide, the greater the negative effects it causes in *Daphnia Magna*.

Keywords: toxicity, *Daphnia magna* and sodium cyanide.

ÍNDICE

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Alcance	2
1.3 Justificación:.....	2
1.4 Objetivo General	4
1.5 Objetivos específicos	4
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Ecosistemas Lóticos	5
2.2 Contaminación	5
2.3 Minería	6
2.4 Minería de Oro	8
2.4.1 Cianuro en minería aurífera	10
2.5 Cianuro.....	11
2.5.1 Cianuro en la naturaleza	12
2.5.2 Toxicidad del cianuro	12
2.6 Normativa ecuatoriana	12
2.7 Toxicidad.....	14
2.7.1 Concentración letal 50	14
2.7.2 Concentración efectiva 50	15
2.7.3 Efectos letales.....	15
2.7.4 Efectos subletales.....	15
2.8 Bioindicador	15
2.9 <i>Daphnia magna</i>	15
3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	18
3.1 Determinación de la concentración de Cianuro	18

3.1.1 Recolección y análisis de las muestras de agua	18
3.2 Crecimiento de <i>Daphnia magna</i> en condiciones de laboratorio..	23
3.3 Diseño experimental	23
3.3.1 Variables independientes.....	23
3.3.2 Variables de respuesta	24
3.4 Procesamiento y Análisis de datos.....	26
3.4.1 Curva concentración/ respuesta	26
3.4.2 Análisis de varianza	26
4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	26
4.1 Efectos Letales.....	28
4.1.1 Mortalidad	28
4.2 Curvas Concentración-Respuesta.....	30
4.3 Efectos subletales: movilidad y reproducción.....	32
4.3.1 Movilidad.....	32
4.3.2 Reproducción.....	33
5. CAPÍTULO V. DISCUSIÓN.....	35
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
6.1 Conclusiones.....	38
6.2 Recomendaciones	39
REFERENCIAS	40
ANEXOS	43

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Los cuerpos de agua dulce reciben, directa o indirectamente, desechos líquidos creados por las actividades realizadas por el hombre. Al comienzo, estas aguas podían manejar las sustancias contaminantes vertidas, pero con el crecimiento poblacional y los asentamientos urbanos se notó considerablemente el aumento de los vertidos. Como consecuencia de esto, las corrientes perdieron la competencia de auto depuración, lo que provocó la alteración en la calidad del agua (Argota, González, Argota, & Iannacone, 2012)

Desde los inicios de los estudios de contaminación se han realizado monitoreo de residuos tóxicos en agua y en sedimentos, obviando la importancia de la biodisponibilidad de estos y su posible efecto sobre la biota. Por esta razón, durante las últimas décadas se han estudiado especies capaces de retener metales pesados como organismos bioindicadores de la calidad del ambiente, que pueden ser utilizados para mapear la fracción de contaminación biodisponible en un ecosistema (Argota, González, Argota, & Iannacone, 2012).

Según Álvarez, Barrero, Gonzales, González, & Sepúlveda (2012), los metales ingresan al ciclo hidrológico a través de dos vías principales: la de origen geoquímico, a partir de minerales, que son arrastrados al agua por meteorización y erosión; y de origen antropogénico. Cuando los metales entran en el agua son capaces de fijarse en los sedimentos casi de inmediato, esto afecta a los ecosistemas acuáticos porque estos metales pasan a ser almacenados por los suelos.

Al ser contaminadas las aguas los organismos que viven dentro de ellas se ven afectados, estas afecciones dependen del tipo de hábitat y la alimentación. Las que sobreviven por alimentos filtrados y los organismos planctónicos son los más

afectados a estos metales diluidos, que están asociados a partículas. Además, Spiro & Stigliani (2006) plantean que: “Los sedimentívoros y la meiofauna por otra parte, captan los metales al ingerir partículas sedimentarias y las aguas asociadas a los poros del sedimento, así como los metales presentes en las bacterias que viven asociadas al sedimento.”

1.2 Alcance

El presente estudio trabajó en condiciones de laboratorio, en donde se realizó la crianza de pulgas de agua, se preparó agua sintética y se realizó diluciones de agua de mina en base a revisión bibliográfica para la determinación de las diferentes concentraciones de cianuro. Se hicieron pruebas para medir los cambios en la población de pulgas de agua a causa del cianuro. Además, se analizaron los resultados obtenidos para definir la curva concentración-respuesta del cianuro en *Daphnia magna*.

1.3 Justificación:

Las actividades industriales antrópicas es una de las causas de la contaminación acuática, uno de los problemas ambientales más urgentes hoy en día. Los metales pesados que estas actividades implican son los elementos de más riesgo dado que su capacidad tóxica, persistencia y posible bioacumulación tiene consecuencias serias en los distintos organismos de los ecosistemas, lo que llega a perturbar la dinámica entre especies y su control poblacional (Posada & Arroyave, 2006).

En Sudamérica existen proyectos mineros a gran escala que se los ha dominado como “Mega-Minería” esta actividad conlleva muchos problemas ambientales ya que la mayoría de estos son a cielo abierto, en el proceso para obtener el mineral se utilizan químicos como cianuro y ácido sulfúrico; lo que provoca la formación de aguas residuales ácidas con altos contenidos de metales pesados, otra complicación es que los tratamientos de estas aguas son ineficientes ya sea por el

alto costo o por desconocimiento, en el peor de los casos no hay tratamiento previo a la descarga (Donadio, 2009). Aunque gran parte de la economía del Ecuador depende de la industria minera, lamentablemente la extracción de minerales produce grandes cantidades de metales pesados y otros contaminantes que pueden ser liberados al ambiente cuando no se realiza un control adecuado por parte de la empresa minera (Oviedo, Móina, Naranjo, & Barcos, 2017).

La toxicología ambiental permite analizar los efectos de los contaminantes evaluando la naturaleza de estos y las dosis que afectan, ya sea de manera tóxica o nociva, a los diferentes niveles estructurales de los seres vivos (Díaz-Báez, 2004). La evaluación de la toxicidad de metales pesados en diversos organismos es de gran importancia puesto que es una herramienta que define y describe las alteraciones físicas que experimenta dichos organismos ante un contaminante específico o combinado. La toxicidad o teratógeno de los contaminantes genera alteración en la morfogénesis temprana, lo cual influye en la aparición de malformaciones en estadios tardíos del desarrollo o incluso después de su eclosión. Algunos de estos problemas van a repercutir durante la etapa de alevín con saco vitelino causando mortalidades variables en los organismos (Sabath & Robles Osorio, 2012).

Daphnia magna, es un microcrustáceo que ha sido ampliamente utilizado como organismo de prueba en estudios de toxicidad aguda y crónica de una serie de compuestos químicos disponibles en los ecosistemas acuáticos. Esta especie es la más usada en el mundo en pruebas toxicológicas debido a su sensibilidad a los agentes tóxicos. Este microcrustáceo tiene un ciclo de vida corto con alto número de crías y se reproduce por partenogénesis, tiene amplia distribución geográfica, importancia en la comunidad zooplanctónica y facilidad de cultivo en laboratorio por su fácil adaptabilidad a condiciones distintas de temperatura y hábitat, estas características hacen a este grupo de organismos ideal para pruebas de toxicidad aguda y crónica (United States Environmental Protection Agency, EPA, 2012).

El cianuro al momento de utilizarse en la recuperación de metales preciosos, forma una solución cargada (Solución de Barren) esta contiene cianuro acomplejado con metales como oro, plata, fierro (III), cobre (II), níquel y zinc. Una de las propiedades químicas del cianuro es la capacidad de combinación con metales: Fe, Ag, Au, Ni, Zn, Cd, Hg, etc. La sustancia se descompone al entrar en contacto con el agua ya que produce cianuro de hidrógeno, este es un gas muy tóxico. La solución en agua es una base fuerte, que reacciona violentamente con ácidos y esto lo vuelve muy toxico para la vida acuática ya que es físicamente imposible evitar su ingreso a los cuerpos de agua dulce (Guerrero, 2015).

En el Ecuador la minería ha contaminado grandes volúmenes del recurso agua debido a que no existe un tratamiento previo de relave sólidos y efluentes líquidos contaminados con cianuro, metales pesados entre otros. Estos afectan a la flora y la fauna, además de alterar las condiciones de los suelos y aguas, transfiriendo a la contaminación hasta llegar al ser humano. En la contaminación por cianuro se calcula que 600 toneladas al año de estas sustancias se envían al ambiente, es evidente constatar que ríos como el Calera y el Amarillo, en Zaruma y Portovelo respectivamente han sufrido una fuerte alteración por los efluentes generados por minerías (De la Torre & Diaz, 2000).

1.4 Objetivo General

Evaluar el efecto toxicológico del cianuro en *Daphnia magna*.

1.5 Objetivos específicos

- Comparar los efectos letales y subletales en la población de *Daphnia magna* en relación a la concentración del cianuro.
- Definir la curva concentración-respuesta de cianuro en poblaciones de *Daphnia magna*.

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Ecosistemas Lóticos

Los ecosistemas lóticos o fluviales son aquellos que fluyen a lo largo de un cauce y que mantienen un movimiento definido, continuo e irreversible en una misma dirección; estos corresponden a quebradas, ríos y riachuelos, en los cuales habitan diferentes comunidades biológicas de suma importancia (Vidal & Gutiérrez, 2005).

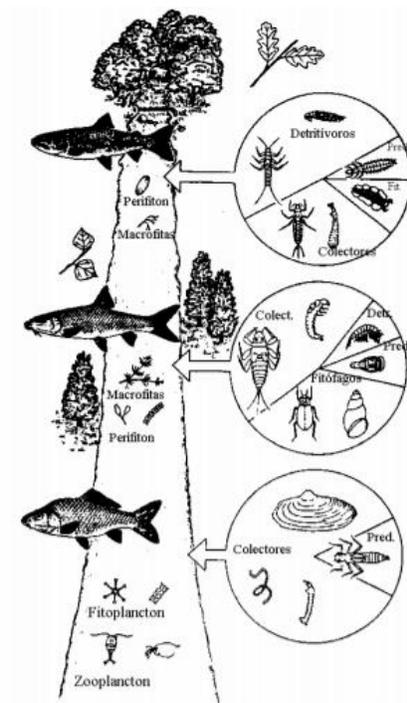


Figura 1. Función ecológica de los ríos

Tomado de (Ebert, 2005)

2.2 Contaminación

La contaminación consiste en la introducción de sustancias o materiales inseguros, o tóxicos, y elementos impropios del medio ambiente, esta introducción se

caracteriza por ser perjudicial para el ser humano, la flora, fauna y otros organismos (Bermudez, 2010).

La contaminación de los ecosistemas lóticos son producto del uso excesivo de plaguicidas y fertilizantes en las zonas cercanas a estos ecosistemas, a esto se suma el mal manejo de aguas residuales, desechos tóxicos, que provienen de las industrias principalmente, y desechos sólidos (Rivas, 2009). En consecuencia, se ocasionan cambios en las concentraciones de: dióxido de carbono, pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad (Gutiérrez, 2014). Las comunidades presentes en estos ecosistemas suelen ser delicadas ya que un pequeño cambio en los parámetros de agua puede alterar la fisiología o la salud de las especies lo cual afecta directamente la abundancia relativa de las mismas, por lo tanto, todo el ecosistema se ve alterado (Sánchez, 2007).

2.3 Minería

La minería implica la extracción o explotación de los minerales acumulados en los yacimientos y es percibida como una actividad esencial para el crecimiento de las industrias actuales dado que provee materiales metálicos y no metálicos; además, es un aspecto fundamental en el comercio internacional, y se emplea en el transporte, telecomunicación, construcción, y la creación de energía, etc., asimismo, es considerada como una actividad económica extractiva no renovable (Vivas Alban, 2011).

La “hidrometalurgia” es un tipo de técnica que se utiliza en el procesado de minerales a través de cianuración en la recuperación de oro (Zambrano, 2018). Para la lixiviación se utiliza comúnmente cianuro de sodio o NaCN, un compuesto tóxico, lo que significa un riesgo de contaminación tanto en aguas subterráneas como en ríos y lagos; a su vez, esto significa el daño de la flora y fauna acuática, así como también de los seres humanos que entren en contacto (Zambrano, 2018).

Para procesar metales efectivamente, la minería debe utilizar productos químicos como el mercurio, cianuro, ácidos, etc., y esto llega a alterar el ciclo hidrológico que,

a su vez, perjudica los ecosistemas fluviales y terrestres; es importante mencionar también que cuando el agua está contaminada los organismos que sobreviven de ella suelen bioacumular los productos químicos, lo que produce defectos en la salud de los mismos (Bojorge García & Cantoral Uriza, 2016).

En la actividad minera aurífera de la provincia de El Oro se utiliza amalgamación con mercurio y la ya descrita lixiviación con el objetivo de extraer oro. Cuando la amalgamación por mercurio no funciona por completo se recurre a métodos electroquímicos en piscinas cianuradas que disuelven el oro que a su vez forma un complejo con cianuro, luego, este se precipita en zinc granulado que posteriormente se separa por métodos metalúrgicos (López Bravo, Santos Luna, Quezada Abad, Segura Osorio, & Pérez Rodríguez, 2016).

Según Vivas (2011), Sudamérica es un territorio importante en la actividad minera porque provee minerales como el oro, plata, cobre, molibdeno, aluminio (minerales metálicos), y otros compuestos indispensables como el petróleo o carbón (minerales no metálicos). Si bien todos estos son productos indispensables para las nuevas industrias, la EPA o también llamada Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos considera que esta actividad es una amenaza considerable para los ecosistemas, así como la industria que más genera contaminación tóxica en el país; de igual manera, señala que es la causa del 40% de contaminación de fuentes hídricas y plantea que el costo de saneamiento de minas abandonadas es de más de 32.000 millones de dólares en al menos 32 estados (Bojorge Garcia & Cantoral Uriza , 2016)

Por el contrario, el Ecuador ve a la actividad minera como una oportunidad para atraer capitales para su desarrollo económico y el gobierno suele apoyar e incentivar la industria. La minería es indispensable para el país y consiste en un sector estratégico, puesto que en el territorio hay presencia de grandes reservas (Banco Central del Ecuador, 2019). Sin embargo, los resultados de la actividad tienen relación con los señalados por la EPA dado que existe impacto ambiental, y si se trata de minería este daño suele ser significativo (Lavenu, 1995). De acuerdo con el

Ministerio de Minería del Ecuador, las reservas mineras que representan un mayor impacto están en El Oro, Azuay y Zamora Chinchipe, y reafirma la importancia de que toda actividad minera en estos sectores deberá ser tratada de manera sustentable, con principios de prevención y eficiencia (Bermudez, 2010).

2.4 Minería de Oro

El oro es uno de los metales preciosos más comunes, es pesado, amarillo y blando. De toda la producción mundial aproximadamente un 75% se utiliza en joyas, un 15% se destina a la industria electrónica, y el 10% final se emplea en medicina, odontología y reservas económicas (Banco Central del Ecuador, 2019).

Para obtener este mineral se usa el ya mencionado cianuro sódico (NaCN), que se emplea también en la extracción de minerales no tratables por trituración (Logsdon Hagelsten & Mudder 2001). Se estima que en el 2016 se produjo 1.4 millones de toneladas de cianuro en todo el mundo: el 20% fue utilizado en minería, del cual el 10% fue empleado en Ecuador (Comisión Chilena del Cobre, 2016).

Para procesar la extracción del oro se utiliza comúnmente la lixiviación, que consiste en la extracción de oro por medio de soluciones diluidas de cianuro (Logsdon, 2001). A continuación, se explica de manera clara el proceso que sigue la extracción de oro:

- **La exploración**

Se trata de determinar áreas para la extracción y consiste en la recolección de muestras de materia pétreo para así reconocer los minerales presentes en la zona, en otras palabras, consiste en el análisis de rocas en la zona en la que se desea explotar. La perforación sucede solo en el caso en el que la exploración tenga resultado positivo, se perfora a profundidades diferentes dado que así es posible adquirir datos precisos del mineral. Además, es importante prever la zona y los lugares del depósito del material excedente que el proceso no necesita por tener escasas partículas de oro (Espín, 2016).

- **El minado**

Implica la colocación de explosivos en las perforaciones, de esta manera el yacimiento se fragmenta y prepara para la carga y traslado del material mineralizado, transportado en camiones al lugar de explotación. Después, el producto es llevado a "pilas de lixiviación" acondicionadas llamadas PAD (Ortiz, 2012). Actualmente, la maquinaria de carga del material extraído se ubica mediante satélite y esto beneficia el control de los trabajos (Rosner, 2016).

- **La lixiviación**

El proceso continúa una vez que sucede la descarga en las pilas. A continuación, todo es lavado con un químico que tiene base de cianuro, lo que da como resultado una sustancia que contiene oro. Este producto se recoge y direcciona a través de tubos hacia pozos especializados. Uno de los valores más comunes para la solución es 50 ppm, o 50g de cianuro en cada metro cúbico de agua. Es necesario mencionar que esta agua es reutilizada en un circuito cerrado, ahí es respuesta la medida del cianuro.

En este punto el producto con oro pasa a ser parte de una técnica llamada "Merrill Crowe" (Palomino, 2016), esto consiste en que la sustancia debe limpiarse y filtrarse para que a continuación el oxígeno se elimine. Después, a la mezcla debe agregarse zinc en polvo para la solidificación. Finalmente, el producto se hornea a secado a 650°C para luego ingresar a un horno eléctrico en 1200°C que da como resultado lo comúnmente llamado *doré* (Salas, 2015).

- **El restablecimiento y el cierre**

Para este paso es necesario que se reestablezcan las zonas a su estado inicial para después cerrar el yacimiento. Para el cierre se necesita tomar en cuenta la flora y los lechos del agua dado que el sector en donde sucedió la extracción y sus alrededores deben restaurarse (Vargas, 2017).

Otro aspecto que implica esta fase es la regeneración vegetal para la cual el PAD debe cubrirse con tierra fértil. Generalmente, esta tierra se retira de la zona antes de todo el proceso y se recoloca al finalizar (Ortiz, 2015).

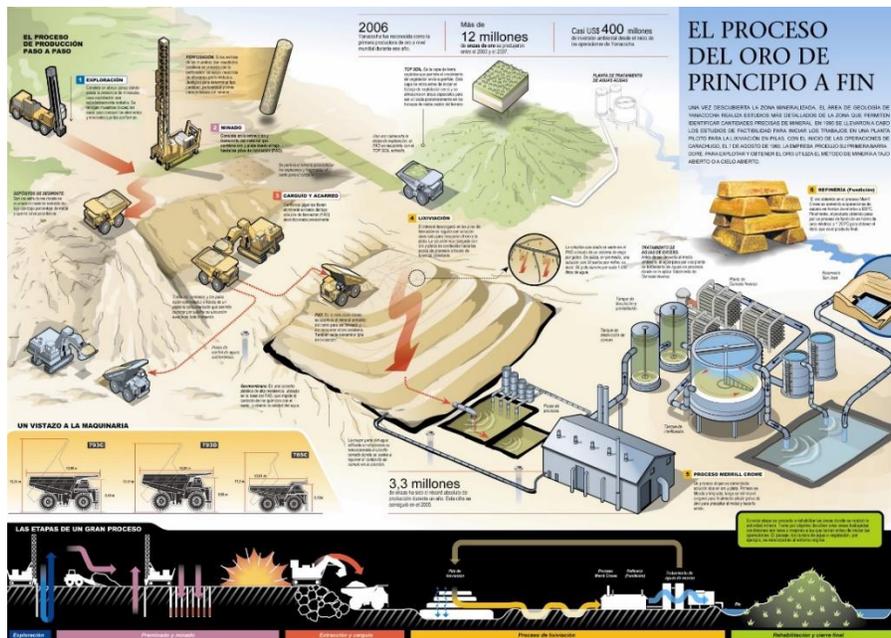


Figura 2. Proceso de mina de oro de principio a fin

Tomado de (Rueda, 2014)

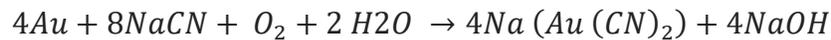
2.4.1 Cianuro en minería aurífera

El NaCN es el compuesto utilizado para el proceso de lixiviación desde finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX y tuvo su inicio con la patente de J.Ms MacArthur, y W. Forrest y R. Forrest el 19 de octubre de 1887 en Reino Unido (Rojas Guerrero, 2013).

Hoy en día, la producción global de cianuro destina el 20% para la creación de NaCN, éste se caracteriza por su manejabilidad segura y generalmente fácil. A partir de este porcentaje de NaCN el 90%, o 18% del total, se emplea en la actividad minera mundial para la extracción de oro. Cuando hay fricción entre este compuesto y el oro, la parte de cianuro del primero crea complejos estables, por ello es indispensable para este tipo de minería (Logsdon, Hagelstein, & Mudder, 2001)

2.4.1.1 Cianuración

La ecuación química de cianuración es la siguiente:



(Ecuación 1)

Es esencial que durante el proceso de cianuración se prevenga la aparición de ácido cianhídrico o HCN dado que el medio de la reacción es alcalino, esto sucede al añadir cal (1kg/t). El pH presente en la sustancia oscila entre 10 a 11.5 (Aguirre, 2013), esto indica el manejo cuidadoso del proceso porque de lo contrario el resultado se generará HCN, compuesto tóxico, cuya creación implica también la pérdida de reactivos. Después de la lixiviación de oro, el NaCN queda en una solución de tratamiento en concentraciones de 50 ppm hasta 500ppm (Nava, Rodriguez, Salas, & Perez, 2007)

- **Preparación del concentrado:**

El método “tostado” del concentrado es un método utilizado de manera específica cuando el oro presente en la zona es refractario, es decir, no se encuentra libre. Este “tostado” sucede a partir de los 600°C hasta 750°C. Asimismo, se puede emplear este proceso para la liberación de arsénico o antimonio para mejorar la cianuración (Zambrano, 2018).

- **Cianuración en pila:**

Como bien lo indica su nombre, este proceso consiste en almacenar el producto de extracción en pilas, lo que resulta menos costoso pero efectivo cuando la zona elegida es de porcentajes bajos. La cianuración en pila es una técnica sencilla: primero el material extraído es apilado, para que luego, a través de goteras, sea regado con cianuro. De esta manera, la solución está en contacto con la pila hasta llegar a un espacio impermeable (Rojas Guerrero, 2013).

2.5 Cianuro

Esta sustancia está representada como CN⁻ que se forma por la unión química entre carbono, enlace y nitrógeno, además tiene la capacidad de combinarse tanto con compuestos orgánicos como inorgánicos. Su existencia resulta riesgosa dado que daña el sistema respiratorio (Lermanda, 2009).

Comúnmente, el cianuro aparece como HCN, en forma de gas, en cristales como el NaCN o en KCN (cianuro de potasio). Su olor suele ser descrito como el de “almendras amargas” (Molina, 2012). Debido a sus propiedades, este compuesto es común en la industria química, de hecho, se estima que al menos el 80% del cianuro creado a nivel mundial está destinado a producir químicos orgánicos (Méndez, 2008).

En metalurgia, es utilizado en la galvanización, limpiezas metálicas, y el rescate del oro de los restos removidos, todo esto gracias a las sales del cianuro. Otro uso habitual del compuesto sucede para la exterminación de plagas (Hocker, 2006).

2.5.1 Cianuro en la naturaleza

En un contexto natural el cianuro aparece gracias a las excreciones y degradaciones de cientos de organismos de la flora, fauna, hongos y bacterias. Es preciso mencionar que el consumo de plantas cianogénicas, en las que interviene el mal manejo de los niveles de cianuro, llega a ser letal y riesgosa para animales y seres humanos (Rokade, 2017).

Por otro lado, el cianuro se encuentra en la naturaleza en escasas concentraciones, concretamente está presente en insectos como el milpiés y en algunas plantas (bambú, frijol germinado, cereza, papa, aceituna, etc.) y tiene la función de desalentar a los depredadores (Rojas Guerrero, 2013).

2.5.2 Toxicidad del cianuro

En países como Canadá, este compuesto es descargado en valores CN- Total entre 1-2 mg/l y CN- WAD de 0.1 0.5 mg/l; por otro lado, en EE. UU hay límites planteados por la EPA, que permite de 0.2 mg/l de cianuro WAD y 1 mg/l de cianuro total. Por nombrar un ejemplo en Sudamérica, Perú acepta niveles de cianuro total de 1 mg/l; 0.1 mg/l de cianuro libre y 0.2 mg/l de cianuro WAD, todo esto establecido en su normativa legal (Linarte, 2006).

2.6 Normativa ecuatoriana

En el Ecuador la normativa ambiental se rige por medio del Ministerio de Ambiente (MAE), es así que el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULSMA) contiene criterios para calidad del agua, aire y suelo, en sus anexos, los mismos que fueron reformados por medio del Acuerdo Ministerial 097. En el Anexo I se presentan varias tablas correspondientes a Calidad del Agua, se señalan los límites máximos permisibles para varios elementos y parámetros, a continuación, una tabla resumen en que se señalan los límites para el Cianuro.

Tabla 1.

Criterios de Calidad de agua permisibles en el Ecuador

Valores de límites permisibles de Cianuro en agua en el Ecuador				
Criterio de calidad	Parámetro	Expresado como	Límites Máximo Permisible	Fuente
Consumo Humano y Domestico, requieren tratamiento Convencional	Cianuro(Total)	CN-	0,1 mg/l	TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1.
Consumo Humano y Domestico que requieren desinfección.	Cianuro(Total)	CN-	0,01 mg/l	TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 2.
Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	Cianuro(Total)	CN-	0,1 mg/l	TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 12.

Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.	Cianuro(Libre)	CN-	0,01 mg/l	TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 3.

Tomado de TULSMA, Libro VI, Anexo 1.

2.7 Toxicidad

Se denomina tóxico a toda sustancia o material capaz de ejercer daño sobre algún organismo vivo, por tanto, la toxicidad comprende esta capacidad (Bello & López, 2009)

Debido a los efectos que produce, la toxicidad de cualquier elemento está ligada a categorías y a clasificación dentro del interés de su regulación. Las categorías hacen referencia a calificaciones de las dosis tóxicas o los niveles de exposición ante la sustancia. De esta manera, es posible plantear categorías como: sumamente tóxico, muy tóxico, moderadamente tóxico, entre otros; es común que las expresiones mencionadas sean aplicadas cuando se trata una toxicidad aguda. Por otra parte, la clasificación comprende el conjunto de sustancias divididas en tipos, esto acorde a sus principales efectos tóxicos; por ejemplo, sustancias alergénicas, neurotóxicas, carcinógenas, etc. (Silbergeld, 2006).

2.7.1 Concentración letal 50

Se puede definir como el contexto en el cual la concentración afecta mortalmente al 50% de los organismos del ensayo (Castillo, 2004).

2.7.2 Concentración efectiva 50

Esta concentración se considera efectiva o de inhibición media dado que afecta al 50% de los organismos de ensayo (Castillo, 2004).

2.7.3 Efectos letales

Los efectos son medidos a partir de las 24 o 48 horas y buscan cuantificar concentraciones letales de ciertos compuestos sobre una especie en particular (Silva, 2007).

2.7.4 Efectos subletales

Se evalúan generalmente a largo plazo y se observan cambios morfológicos, reproductivos y de sobrevivencia que ocurren por debajo de niveles causantes de muerte (Valavanidis, 2015).

2.8 Bioindicador

Un bioindicador es un organismo o comunidad en los que su existencia, característica estructural, funciones y reacciones muestran las condiciones del entorno en que vive. Los bioindicadores se caracterizan por reaccionar ante el cambio del ambiente como si éste fuera un conjunto de estímulos específicos. Por lo tanto, estas reacciones son causadas por estímulos absorbidos que arrojan datos sobre los cambios ocurridos, como el nivel de intensidad del cambio ambiental (Capó Martí, 2007)

2.9 *Daphnia magna*

Dentro de los microcústáceos de agua dulce, los cladóceros especialmente las diferentes especies de daphnias, son utilizados a escala mundial para el monitoreo y control ambiental de sustancias tóxicas, una de sus cualidades es su amplia distribución geográfica, su gran importancia en la comunidad zooplanctónica, y su fácil cultivo en condiciones de laboratorio, su reproducción por partenogénesis, su corto ciclo de vida, y su alta sensibilidad a tóxicos, convierten a este grupo de

organismos el ideal para pruebas toxicológicas (Diaz Baez, Bustos Lopez, & Espinosa Ramírez, 2004)

Daphnia magna es un tipo de crustáceo que llega a medir 6 mm, los colores de la especie suelen variar en relación al oxígeno disuelto y la salinidad, por lo que se presentan con coloraciones anaranjadas o pardas. El cuerpo está envuelto parcialmente por un caparazón bivalvo (Ruppert y Barnes, 2001), que lleva dentro de sí el tronco, sin contar la cabeza, y termina en una espina apical. La cabeza está levemente dirigida hacia atrás y tiene un saliente ventral. Además, tiene diez apéndices troncales divididos en pares y llamados pereiópodos 2,3,4,5, de estos pares son capaces de filtración únicamente el 3 y el 4, por otro lado, los pares 1 y 2 retiran el poso gracias a corrientes de agua que escapan entre ellos (Nieto y Mier, 2001).

El postabdomen, o punta del tronco, tiene la tarea de limpiar el caparazón con garras y espinas pequeñas (Martínez, Rodríguez, & Martínez, 2008). La vista de este animal es posible gracias a sus ojos compuestos y sésiles, poseen: "...4 células retinianas por ocelo, poseyendo 22 omatidios entre los dos ojos, los cuales están fusionados en un único ojo medio; este ojo puede rotar por medio de músculos especiales. El ojo compuesto, en la mayoría de los cladóceros, funciona orientando al animal mientras nada" (Ruppert y Barnes, 2001).

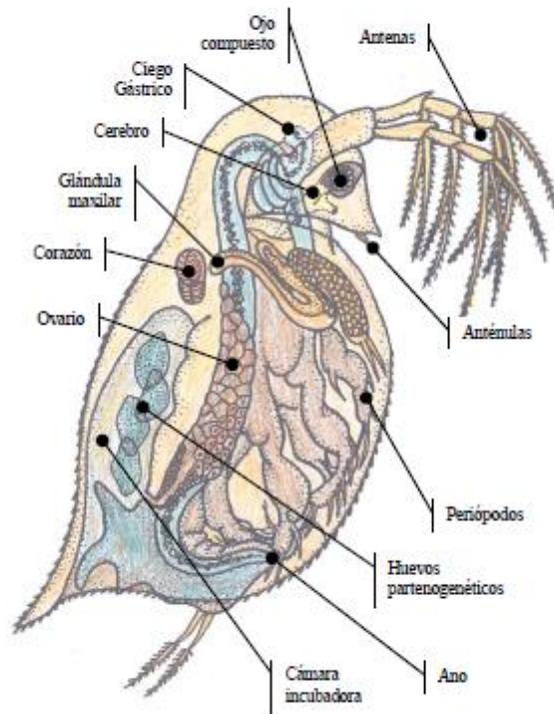


Figura 3. Morfología de *Daphnia magna*

Tomada de (Cuellar, Macedo, & Carhuamanta, 2018)

La alimentación es suspensívora, es decir que filtra las microalgas del agua que son recolectadas a través de una corriente para luego transferirse al surco alimentario (Huertas & Arrieta, 2015). En cuanto a la excreción, los órganos corresponden a glándulas antenales. Este espécimen no depende tanto de su dieta como de la absorción activa para mantener el equilibrio en su organismo.

Para la regulación iónica interna, el *Daphnia* tiene estrategias: “en primer lugar, la tasa de flujo osmótico es minimizada mediante una hemolinfa diluida” (Waterman, 2004), después, ocurre la absorción de cloruro por medio de cutículas en los sacos branquiales (Peters, 2006). Finalmente, las ya mencionadas glándulas antenales proceden a desechar los productos nitrogenados en forma de amoníaco (Thorp & Covich, 2002).

Esta especie está compuesta sólo por hembras partenogenéticas que producen huevos diploides. El desarrollo de dichos huevos es directo y al momento de eclosionar los nuevos organismos dejan la cámara de incubación, el exoesqueleto se deja caer y se produce la muda, de esta manera una nueva puesta aparece en la incubadora (Martínez, Rodríguez, & Martínez, 2008)

Como sucede con muchas otras especies, el *Daphnia* es afectado por la introducción de cianuro en el agua. Esta interacción puede dar como resultado CNH, o cianuros simples o complejos, lo que depende de la interacción con metales en el ambiente acuático. Los científicos creen que ciertos animales no son capaces de bioacumulación de cianuro, aún así, este compuesto es capaz de ingresar en la cadena trófica si entra en contacto con metales pesados, esto se evidencia a través de la presencia de compuestos metal-cianuro en peces (Sacher,2008).

3. CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo experimental, se realizó bajo condiciones de laboratorio, con la finalidad de medir los efectos toxicológicos del cianuro sobre poblaciones de *Daphnia magna*, para lo cual se utilizó cianuro de sodio (NaCN). La metodología aplicada es una adaptación a la utilizada por (Núñez & Hurtado, 2005) en su estudio “Bioensayos de toxicidad aguda utilizando *Daphnia magna* Straus”.

Se trabajó con agua sintética y con agua recolectada del proceso de lixiviación de una empresa aurífera del cantón Zaruma.

3.1 Determinación de la concentración de Cianuro

3.1.1 Recolección y análisis de las muestras de agua

3.1.1.2 Recolección

La recolección de la muestra (agua acida de mina) se realizó en la provincia de El Oro, en el cantón Zaruma.

La muestra de agua de mina fue tomada de acuerdo a las disposiciones establecidas en la norma NTE INEN 2169 que corresponde al agua, calidad del agua, muestreo manejo y conservación de muestras. Para la recolección y pronto análisis se debe utilizar un recipiente de vidrio color ambar; para la estabilización de la muestra de agua se colocó Hidróxido de sodio para el análisis de Cianuro y Ácido nítrico para el análisis de metales pesados. Respecto a la preservación de la muestra se debe enfriar entre 1°C y 5° C. El muestreo se lo realizó luego del proceso de lixiviación y se tomó 4 litros de agua.

3.1.1.3 Análisis de laboratorio

El análisis de la muestra fue realizado en el Laboratorio Ambiental de la Dirección de Investigación de la Universidad de Las Américas, utilizando el Espectrofotómetro de Plasma de Acoplamiento Inductivo ICP-OES, para metales pesados; y en el Laboratorio CENTROCESAL para determinar de la cantidad de cianuro presente en la muestra recolectada.

3.1.1.4 Concentraciones para la experimentación

Luego de analizada la muestra y realizadas las pruebas toxicológicas preliminares, se determinaron las concentraciones definitivas. Guiándose en los límites máximos permisibles del TULSMA (Libro VI, Anexo 1), tanto para consumo humano, preservación de la vida acuática, descargas a cuerpos de agua dulce, se obtuvieron 4 concentraciones y las siguientes 2 concentraciones fueron obtenidas de los ensayos preliminares en los que se observaron efectos adversos del NaCN sobre *Daphnia magna*, de esta manera se fijaron las concentraciones para la experimentación y se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2.

Concentraciones de NaCN utilizadas en el ensayo.

Nivel	Concentración mg/L
-------	-----------------------

Agua Sintética	
1	0.1
2	0.01
3	0.005
Agua de Mina	
4	0.1
5	0.01
6	0.005

Ya que se utilizó cianuro de sodio y se tomaron en cuenta los LMP del TULSMA (Libro VI, Anexo 1) en el que se presenta en forma de cianuro, se realizaron diferentes cálculos para saber la cantidad exacta de NaCN a utilizar para obtener las concentraciones de CN establecidas.

Los cálculos se presentan a continuación:

Preparación de solución madre

$$4.553 \frac{mg}{L} CN \times \frac{49mg NaCN}{26mg CN} = 8.58 \frac{mg}{L} NaCN = 0.00858 \frac{g}{L} NaCN$$

(Ecuación 2)

Preparación de concentraciones

Agua de mina

Concentración 1

$$V1 C1 = V2 C2$$

$$V1 = \frac{V2 C2}{C1}$$

$$V1 = \frac{0.1 \frac{mg}{L} (50ml)}{0.4553 \frac{mg}{L}} = 10.98 \text{ ml de solución}$$

(Ecuación 3)

Concentración 2

$$V1 C1 = V2 C2$$

$$V1 = \frac{V2 C2}{C1}$$

$$V1 = \frac{0.01 \frac{mg}{L} (50ml)}{0.4553 \frac{mg}{L}} = 1.098 \text{ ml de solución}$$

(Ecuación 4)

Concentración 3

$$V1 C1 = V2 C2$$

$$V1 = \frac{V2 C2}{C1}$$

$$V1 = \frac{0.005 \frac{mg}{L} (50ml)}{0.4553 \frac{mg}{L}} = 0.549 \text{ ml de solución}$$

(Ecuación 5)

Agua Sintética

Concentración 4

$$V1 C1 = V2 C2$$

$$V1 = \frac{V2 C2}{C1}$$

$$V1 = \frac{0.1 \frac{mg}{L} (50ml)}{0.4553 \frac{mg}{L}} = 10.98 \text{ ml de solución}$$

(Ecuación 6)

Concentración 5

$$V1 C1 = V2 C2$$

$$V1 = \frac{V2 C2}{C1}$$

$$V1 = \frac{0.01 \frac{mg}{L} (50ml)}{0.4553 \frac{mg}{L}} = 1.098 \text{ ml de solución}$$

(Ecuación 7)

Concentración 6

$$V1 C1 = V2 C2$$

$$V1 = \frac{V2 C2}{C1}$$

$$V1 = \frac{0.005 \frac{mg}{L} (50ml)}{0.4553 \frac{mg}{L}} = 0.549 \text{ ml de solución}$$

(Ecuación 8)

3.2 Crecimiento de *Daphnia magna* en condiciones de laboratorio

Según Ebert (2005), el crecimiento y reproducción de *Daphnia magna* se da de manera normal entre los 15 y 31°C. Las daphnias serán sometidas a un fotoperíodo 12-12 (12 horas de luz con una intensidad luminosa de más o menos 800 luxes y 12 horas de oscuridad) (Núñez & Hurtado, 2005). En cuanto al alimento se utilizarán algas del género *Chlorella*.

Los organismos (60) fueron comprado en una tienda para mascotas y posteriormente aclimatados y mantenidos en el laboratorio de Toxicología de la Universidad de Las Américas, en vasos de vidrio de 1000 ml, con el objetivo de aumentar la población, ya que para la experimentación fueron necesarias 350 pulgas de agua.

El mantenimiento de los cultivos requirió de varios cuidados, tales como la limpieza de los recipientes con el fin de evitar la acumulación de residuos procedentes de los mismos organismos, y proporcionarle el alimento 2 veces por semana. Tomando el ciclo de reproducción de las pulgas de agua se tomó los neonatos de la misma edad para que de esta manera los resultados sean más veraces.

Para la limpieza de estos se utilizó agua destilada. El agua de los mismos fue cambiada parcialmente (la mitad) semanalmente, con agua reposada y aclimatada previamente.

3.3 Diseño experimental

3.3.1 Variables independientes

Tabla 3.

Variables independientes

Factor	Concentración mg/L	Tratamiento	Repeticiones	Réplicas
Agua sintética				
Cianuro de sodio (NaCN)	0.1	T1		
	0.01	T2		
	0.005	T3	5 repeticiones	10 réplicas
Agua mina				
Agua de mina	0.1	T4	por	por
	0.01	T5	tratamiento	repetición
	0.005	T6		
	Testigo	T7		

3.3.2 Variables de respuesta

Letales

Mortalidad

$$M_o = \frac{\# \text{ de individuos muertos en un tiempo } (t)}{\# \text{ de individuos al inicio del experimento}} * 100$$

(Ecuación 9)

Para evaluar la mortalidad de *Daphnia magna*, se realizaron observaciones a los siguientes tiempos.

Tabla 4.

Tiempos determinados para observar mortalidad

Nivel	Tiempo
T1	5 min
T2	10 min
T3	15 min
T4	30 min
T5	60 min
T6	120 min
T7	180 min
T8	24 horas
T9	48 horas

Subletales

Movilidad

La movilidad se observó dentro de las primeras 24 horas a los: 5min, 10min, 15min, 30min, 60min, 120min y 180min en cada uno de los tratamientos y en todas sus repeticiones.

Tabla 5.

Valores establecidos para evaluar movilidad en Daphnia magna.

Indicador	Valor
Lenta	-1
Normal	0
Acelerada	1

Reproducción

La reproducción se midió a los 20 días en los tratamientos en que hubo supervivencia. El tiempo requerido por los neonatos de *Daphnia magna* para reproducirse por primera vez es de 20 días.

$$R = \frac{\# \text{ de individuos muertos en un tiempo } (t)}{\# \text{ de individuos al inicio del experimento}} * 100$$

(Ecuación 10)

3.4 Procesamiento y Análisis de datos

3.4.1 Curva concentración/ respuesta

Para determinar las curvas concentración-respuesta se tomaron en cuenta porcentajes de mortalidad a partir de las 24 hasta las 48 horas, asimismo se determinaron valores de: LOAEL, NOEAL, CL50, CE50.

3.4.2 Análisis de varianza

En tratamientos que presentaron supervivencia, la medición de la varianza se realizó tanto para los resultados de mortalidad (24 y 48 horas) como para la reproducción (20 días). Para esta medición se empleó InfoStat. A continuación, los resultados se sometieron a Shapiro-Wilks, una prueba de normalidad, para determinar si era posible realizar pruebas paramétricas. Se comparó la medición de la toxicidad con un límite de confianza del 95% y con comparaciones de Tukey. Finalmente, el testigo correspondió al desarrollo de la especie en agua potable reposada 7 días.

4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tabla 6.

Comparación valores de resultados de análisis con la normativa ambiental.

Parámetro	Resultados análisis	Unidad	Límites máximos permisibles
CN	45,53	mg/L	0,01
B	6,354	mg/L	0,75
Ba	0,391	mg/L	1
Cd	0,002	mg/L	0,001
Co	0,407	mg/L	0,2
Cr	0,044	mg/L	0,05
Cu	3,231	mg/L	0,02
K	328,813	mg/L	N/A
Mn	0,023	mg/L	0,1
Ni	27,1	mg/L	0,025
Pb	0,36	mg/L	0,05
Sr	0,072	mg/L	N/A
Zn	0,438	mg/L	0,18
Ca	7,937	mg/L	N/A
Fe	213,424	mg/L	0,3
Al	0,308	mg/L	0,1
Na	8459,376	mg/L	N/A
Li	0,61	mg/L	N/A
Ag	0,362	mg/L	0,01
In	0,03	mg/L	N/A
Mg	2,419	mg/L	N/A
V	0,187	mg/L	N/A
Se	9,059	mg/L	0,01
S	844,512	mg/L	N/A
Pb	8,628	mg/L	N/A
Si	437,501	mg/L	N/A
As	292,162	mg/L	0,05

Tomado de TULSMA, Libro VI, Anexo 1.

Como podemos observar en la tabla 6 de los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio la mayoría de metales pesados y el cianuro superan los límites máximos permisibles excepto el Ba, Cr y Mn que están por debajo, además de algunos metales pesados que no aplican para la tabla 3 del TULSMA, Libro VI, Anexo 1.

4.1 Efectos Letales

4.1.1 Mortalidad

Mortalidad a las 24 horas

Tabla 7.

Cuadro de Análisis de la Varianza a las 24 horas

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39092.94	6	6515.49	41.30	<0.0001
Tratamiento	39092.94	6	6515.49	41.30	<0.0001
Error	4260.00	27	157.78		
Total	43352.94	33			

Tabla 8.

Prueba de comparación Tukey a las 24 horas

Tratamiento	Medias	n	E.E	Agrupaciones		
7	0.00	5	5.62	A		
6	22.00	5	5.62	A	B	
3	24.00	5	5.62	A	B	
5	45.00	5	5.62		B	C
2	68.00	5	5.62			C D
4	82.00	5	5.62			D E
1	100.00	5	5.62			E

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Como se puede observar en el análisis ANOVA descrito en la tabla 8, si existen diferencias significativas entre tratamientos en el porcentaje de mortalidad a las 24 horas de iniciado el ensayo. Las comparaciones de Tukey señalan cinco grupos, siendo A el que presenta menor mortalidad y corresponde a las concentraciones más bajas y al testigo; la mortalidad mayor corresponde a los grupos D y E con 82 y 100% de mortalidad respectivamente.

Mortalidad a las 48 horas

Tabla 9.

Cuadro de Análisis de la Varianza a las 48 horas

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	38522.94	6	6420.49	40.50	<0.0001
Tratamiento	38522.94	6	6420.49	40.50	<0.0001
Error	4280.00	27	158.52		
Total	42802.94	33			

Tabla 10.

Prueba de comparación Tukey a las 48 horas

Tratamiento	Medias	n	E.E	Agrupaciones		
7	4.00	5	5.63	A		
6	22.00	5	5.63	A	B	
3	32.00	5	6.30		B	
5	60.00	5	5.63			C
2	70.00	5	5.63			C D
4	90.00	5	5.63			D E

1	100.00	5	5.62	E
---	--------	---	------	---

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

A las 48 horas se puede visualizar en la tabla 10 que la mortalidad aumenta mínimamente, en este caso las comparaciones de Tukey nos muestra cinco grupos, siendo el D y E el que muestra mayor mortalidad y pertenecen a las concentraciones más altas, la menor mortalidad presenta el grupo A (testigo) y B el de menor concentración con 22 y 32% de mortalidad respectivamente.

4.2 Curvas Concentración-Respuesta

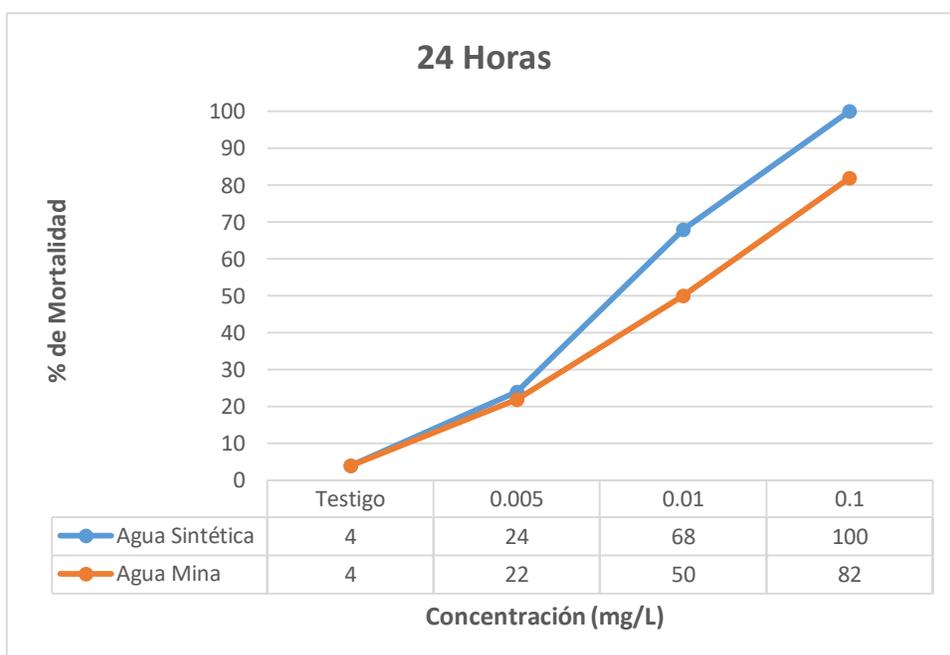


Figura 4. Curva concentración-respuesta a las 24 horas en relación a la mortalidad

Como se puede observar en la figura 4 los valores de LOAEL y CL50 coinciden con los datos mencionados en la tabla 11.

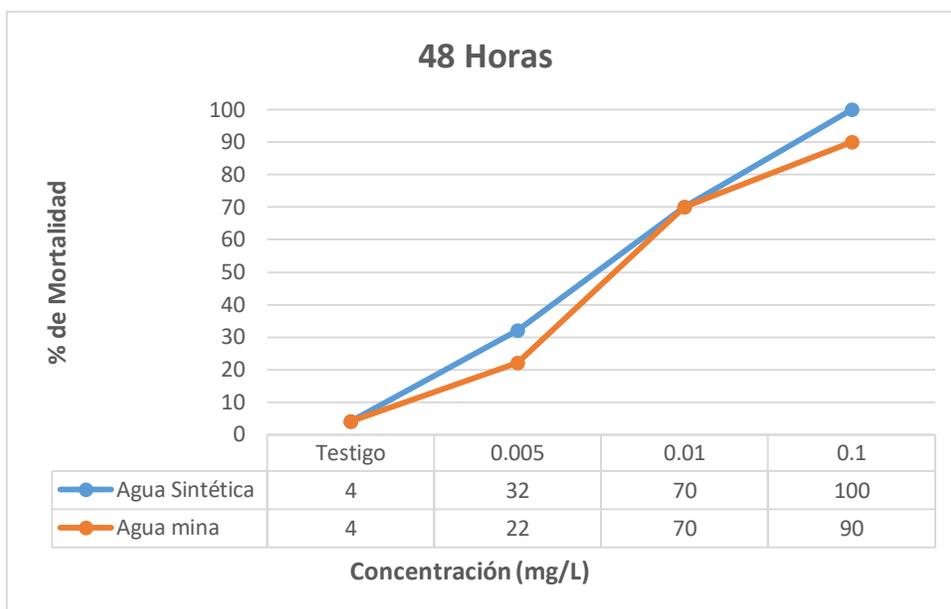


Figura 5. Curva concentración-respuesta a las 48 horas en relación a la mortalidad

Como se puede visualizar en la figura 5 la concentración que muestra el porcentaje más alto de mortalidad es la de 0.1 mg/L del agua sintética seguida de la misma concentración, pero del agua de mina.

Tabla 11

*Resultados del bioensayo con *Daphnia magna* obtenidos a las 3, 24 y 48 horas en agua sintética.*

Compuesto	Parámetro	3 horas movilidad	24 horas mortalidad	48 horas mortalidad	Natalidad
NaCN	NOAEL	0.002	---	---	---
	LOAEL	0.004	---	---	---
Agua sintética	CL50	---	0.005	0.0045	---
	CE50	0.005	---	---	0.005

Tabla 12

Resultados del bioensayo con *Daphnia magna* obtenidos a las 3, 24 y 48 horas en agua de mina.

Compuesto	Parámetro	3 horas movilidad	24 horas mortalidad	48 horas mortalidad	Natalidad
Agua	NOAEL	0.003	---	---	---
	LOAEL	0.004	---	---	---
Mina	CL50	---	0.01	0.0048	
	CE50	0.005	---	---	0.005

El valor de NOAEL expuestos en la tabla 11 y 12 tanto para las 3 horas de movilidad y 24 horas de mortalidad fue determinado en base a los ensayos preliminares realizados en donde a una concentración de 0.002 mg/L no se observaron efectos subletales (movilidad) ni efectos letales (mortalidad).

4.3 Efectos subletales: movilidad y reproducción

4.3.1 Movilidad

En cuanto a la movilidad, no se realizó un análisis de varianza ya que este efecto subletal fue medido hasta las 3 horas y en todos los tratamientos menos el testigo se evidenció letargo en los especímenes de *Daphnia magna*, como se puede evidenciar en la siguiente tabla.

Tabla 13.

Resultados de movilidad obtenidos a las 3 horas por tratamiento.

Tratamiento	Concentración	Movilidad 5 minutos	Movilidad 3 horas
1	0.1	1	Murieron
2	0.01	0	-1

3	0.005	0	-1
4	0.1	1	-1
5	0.01	1	-1
6	0.005	1	-1
7	Testigo	0	0

Se observó en la tabla 13 los análisis de movilidad que el tratamiento 1 se murieron todos los especímenes antes de las 3 horas por lo que no se obtuvieron resultados a ese tiempo, a los 5 minutos la mayoría de tratamientos presentaron aceleración en sus movimientos, excepto los tratamientos 2 y 3 que corresponden a las menores concentraciones del agua sintética y el 7 que corresponde al testigo. Lo contrario se apreció a las 3 horas ya que la mayoría de tratamientos presento letargo a excepción del testigo.

4.3.2 Reproducción

Tabla 14.

Cuadro de Análisis de la Varianza a los 20 días

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	185.36	4	46.34	35.65	<0.0001
Tratamiento	185.36	4	46.34	35.65	<0.0001
Error	26.00	20	1.30		
Total	211.36	24			

Tabla 15.

Prueba de comparación Tukey a los 20 días

Tratamiento	Medias	n	E.E	Agrupaciones
--------------------	---------------	----------	------------	---------------------

5	2.20	5	0.51	A	
2	4.80	5	0.51		B
6	5.60	5	0.51		B
3	6.00	5	0.51		B
7	10.60	5	0.51		C

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Como se puede observar en el análisis ANOVA exhibido en la tabla 15, los tratamientos si muestran diferencias significativas entre tratamientos en los datos obtenidos a los 20 días de iniciado el ensayo, cabe recalcar que los tratamientos 1 y 4 no se los tomo en cuenta ya que los individuos murieron a horas de iniciado el ensayo. Las comparaciones de Tukey nos muestra 3 grupos, siendo el A el de menor natalidad que pertenece al de mayor concentración del agua de mina, la mayor natalidad presenta los grupos B y C que corresponden a las menores concentraciones del agua de mina y a la concentración alta y la baja del agua sintética.

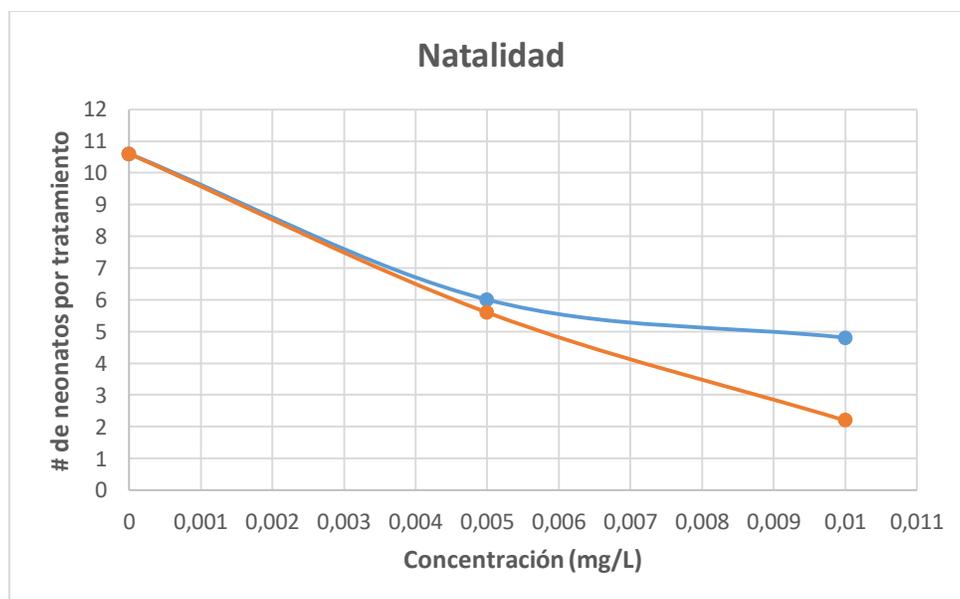


Figura 6.

Curva de Natalidad a los 20 días.

En la figura 6 se puede observar que mientras más alta es la concentración del toxico presenta menor número de neonatos, en este caso las concentraciones de 0.005 mg/L del agua de mina y sintética son las que muestra menos nacimientos, y la concentración de 0.1 mg/L no se la tomo en cuenta ya que la especie a estudiar murieron antes de las 24 horas.

5. CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

Con la finalidad de validar los resultados obtenidos en esta investigación se pretendió comparar con datos presentados en investigaciones similares, sin embargo, no se encontraron estudios con la misma especie y el mismo tóxico, por lo que se utilizó un estudio algo similar, la normativa ambiental vigente, además, de comparar el agua sintética y el agua de mina.

Los resultados obtenidos durante esta investigación muestran que la concentración efectiva 50 (CE50) en el agua sintética y el agua de mina es 0.005 mg/L de CN, lo que corresponde a 0.009 mg/L NaCN, en el estudio realizado por Nuñez & Hurtado (2005) determinaron que la CE50 era 1.54 mg/L de KCN a las 24 h y 0.6359 mg/L a las 48h. Gaete & Paredes (2000) nos dice que la CL50 para *Daphnia magna* es de 60 mg/L para Cu, 127 mg/L de Hg, 784 mg/L de Cd, lo cual comparando con los resultados obtenidos en el presente ensayo para agua sintética fue de CL50 0.005 mg/L CN y 0.0094 mg/L NaCN a las 24 horas y 0.0045 mg/L CN y 0.0084 de NaCN a las 48 horas, y para agua de mina fue de CL50 0.1 mg/L CN y 0.19 mg/L NaCN a las 24 horas y 0.0048 mg/L CN y 0.009 de NaCN a las 48 horas por lo que se puede observar con facilidad que *Daphnia magna* es más sensible al NaCN que a los metales pesados antes mencionados. Los efectos más letales se los puede visualizar a las 24 horas ya que a las 48 aumenta, pero no mucho.

Como se puede observar en el Tabla 8 la mortalidad en el tratamiento 1 (0.1 mg/L CN) que corresponde al agua sintética fue de 100 %, sin embargo, en el tratamiento 4 (0.1 mg/l CN) correspondiente al agua de mina fue del 84 % a pesar de que el cianuro se encuentra en la misma concentración, esto se puede deber a que el agua de mina a más de CN se encontraron metales pesados como: B(6.35), Fe(213.4), Ni(27.1), Cu(3.23), Se(9.05) mg/L y esto nos dice que el cianuro al mezclarse con metales pesados baja su toxicidad. TULSMA, Libro VI, Anexo 1, tabla 3 Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario nos dice que los límites permisibles para metales pesados es B(0.75), Fe(0.3), Ca(7.83), Ni(0.025), Cu(0.02), Se(0.01) mg/L, lo cual nos muestra que todos estos valores están por encima de los LMP en la normativa Ambiental.

Un estudio realizado por Costa (2016) evaluó los efectos del dicromato de potasio sobre *Daphnia magna* donde a concentraciones de 1 mg/L (cromo VI) la reproducción se vio afectada, produciendo únicamente un promedio de 9 neonatos a los 21 días, lo cual difiere con los resultados obtenidos en este estudio que a 0.1 mg/L de CN el promedio de neonatos fue 0 a los 20 días ya que los especímenes murieron antes de las 24h, esto podría significar que *Daphnia magna* es más sensible al CN que al dicromato de potasio.

Respecto a la movilidad en la especie estudiada se evidenció alteraciones notorias en la velocidad natatoria, en casi todos los tratamientos se observó letargo excepto en el testigo, en el momento de colocar el tóxico el espécimen *Daphnia magna* aumentó su velocidad y a medida que pasó el tiempo la velocidad disminuyó, en el caso de las concentraciones más altas que fueron el tratamiento 1 y el tratamiento 4 al final murieron, lo cual concuerda con Bay-Schmith & Larrain (2003) quienes estimaron los efectos del K₂Cr₂O₇ en *Daphnia magna* a las 24h y determinaron que la CL₅₀ es de 0,145 mg/, por lo que se puede establecer que el espécimen estudiado es mucho más sensible al NaCN.

Según la Normativa Ambiental del Libro VI, Anexo 1, del TULSMA, nos dice que el límite máximo permisible para cianuro(CN) en las tabla 1 Consumo Humano y Doméstico que requieren tratamiento convencional es de 0.01 mg/L, tabla 2 Consumo Humano y Domestico que solo requieren desinfección es de 0.01 mg/L, tabla 3 Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario es de 0.01 mg/L y tabla 12 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce es de 0.1 mg/L; de acuerdo a el presente estudio a las 24h las concentraciones del tratamiento 1 y 2 , y el tratamiento 4 y 5 que son las mismas dictadas en la normativa se obtuvo una mortalidad del 82-100% y 50-68% respectivamente lo cual se puede deducir que el cianuro es mucho más tóxico para la vida acuática que para el ser humano.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Respecto a los resultados obtenidos *Daphnia magna* presenta efectos toxicológicos de acuerdo a la concentración de Cianuro de Sodio, es decir a mayor concentración de NaCN mayor es el efecto y menor el tiempo en el que se presentan.

A mayor concentración de cianuro mayor mortalidad de *Daphnia magna*. La mortalidad es mayor en agua sintética, que en agua de mina.

La movilidad de la especie estudiada fue alterada en casi todos los tratamientos desde los 5 minutos después de colocado el tóxico, y se evidencio letargo (-1) casi todos los tratamientos a las 3 horas de comenzado el ensayo excepto en el testigo.

La reproducción de *Daphnia magna* fue cohibida a una concentración de 0.1 mg/L que corresponde al tratamiento 1 y 4 en el que no se pudo observar neonatos ya que fue una concentración letal para la especie estudiada y seguido del tratamiento 2 y 5 a una concentración de 0.01 mg/L en el que se observó de 2-6 neonatos a los 20 días y un porcentaje de supervivencia del 2-5%.

La curva concentración-respuesta muestra que a medida que aumenta la concentración de NaCN la mortalidad es más elevada. De acuerdo con la misma se pudo determinar para el agua sintética la CL50 con un valor de 0.005 mg/L a las 24 horas y de 0.0045 mg/L a las 48 horas, para el agua de mina fue una CL50 de 0.1 mg/L a las 24h y a las 48 horas de 0.0048 mg/L.

Se determinó el NOAEL y el LOAEL a las 3 horas de iniciado el ensayo con unos valores de 0.002 y 0.004 mg/L respectivamente para el agua sintética, y para el agua de mina fueron los valores de 0.003 mg/L para NOAEL y de 0.004 mg/L para LOAEL.

Se determinó la CE50 para la movilidad a las 3 horas y para la natalidad a los 20 días, con unos valores de 0.005 mg/L en los dos parámetros en el agua de sintética y el agua de mina.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda tener mucha precaución al momento de la manipulación de *Daphnia magna* ya que son muy sensibles a los movimientos bruscos y a los factores ambientales.

En el momento de la adaptación de *Daphnia magna* a condiciones de laboratorio evitar que tenga mucho contacto con la luz ya que se adaptan más a lugares sombríos y a aguas más turbias.

Para un mejor resultado en ensayos de toxicidad es mucho mejor utilizar neonatos ya adaptados a condiciones de laboratorio.

En los resultados obtenidos en el presente trabajo se pudo confirmar que el cianuro es una sustancia nociva para la vida acuática y por ende para el medio ambiente, por lo que se recomienda tomar en cuenta la reciente investigación con Glicina en donde muestra que es un método más amigable con el medio ambiente y el ser humano para reemplazar al cianuro en los procesos de recuperación de minerales, los beneficios que brinda este aminoácido son: económicamente rentable ya que es completamente recuperable mediante adsorción en carbón activado, es activo como agente de lixiviación selectiva cuando se usa en un circuito alcalino entre pH 8 y 12.

REFERENCIAS

- Aguirre, F. (2013). *Procesos de destrucción de complejos cianurados*. Recuperado el 13 de Noviembre del 2019 de <https://www.yumpu.com/es/document/read/14313844/procesos-de-destruccion-de-complejos-cianurados>
- Álvarez, M., Raimundo, A., Marinela, B., González, E., González, Y., & Sepúlveda, G. (2012). ESTUDIO BIOGEOQUÍMICO DEL EMBALSE SUATA, VENEZUELA, DE ACUERDO AL CONTENIDO METÁLICO DE SUS SEDIMENTOS DE FONDO, AGUAS Y PECES Instituto de *Instituto de Ciencias y Tecnología de Alimentos*.
- Argota, González, Argota, & Iannacone. (2012). Desarrollo y bioacumulación de metales pesados en *Gambusia punctata* (Poeciliidae) ante los efectos de la contaminación acuática. *Revista electrónica de Veterinaria* .
- Banco Central del Ecuador. (2019). *Reporte de Minería*. Recuperado el 10 de enero del 2020 de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ReporteMinero012019.pdf>
- Bello, J., & López, A. (2009). *Fundamentos de Toxicología*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Bermudez, M. (01 de Enero de 2010). *Contaminación y turismo sostenible* . Recuperado el 2 de diciembre del 2019 de <http://galeon.com/mauriciobermudez/contaminacion.pdf>
- Bojorge Garcia, M., & Cantoral Uriza , E. (2016). The ecological importance of algae in rivers. *Hidrobiológica* , 1-8.
- Bojorge García, M., & Cantoral Uriza, E. (2016). The ecological importance of algae in rivers. *Revista Hidrobiológica* .
- Capó Martí, M. (2007). *Principios de Ecotoxicología*. Madrid: Tebar.
- Comisión Chilena del Cobre. (2016). *Proyección de la producción esperada de cobre en Chile 2016 - 2027*. Recuperado el 22 de diciembre del 2019 de <https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/2016%2011%2023%20Proyecci%C3%B3n%20de%20producci%C3%B3n%20esperada%20de%20cobre%202016%20-%202027%20Vfinal.pdf>
- Cuellar, C., Macedo, M., & Carhuamanta, A. (2018). *BIOENSAYO TOXICIDAD DE DICROMATO DE POTASIO (K₂Cr₂O₇) SOBRE *Daphnia magna**. Recuperado el 5 de noviembre del 2019 de <https://www.studocu.com/es/document/universidad-nacional-federico-villarreal/zoologia-ii/informe/bioensayo-toxicidad-de-dicromato-de-potasio-daphnias/4594183/view>
- De la Torre, E., & Diaz, X. (2000). *Manual de auditoría ambiental para las actividades e beneficio de minerales auríferos*. Quito.

- Diaz Baez, M. C., Bustos Lopez, M. C., & Espinosa Ramírez, A. J. (2004). *Pruebas de toxicidad acuática*. Bogotá: UNIBIBLOS.
- Donadio, E. (2009). Ecológicos y mega-minería, reflexiones sobre por qué y cómo involucrarse en el conflicto minero-ambiental. *Ecología austral*.
- Ebert, D. (2005). Ecology, Epidemiology, and Evolution of Parasitism in Daphnia. *National Center for Biotechnology Information*.
- Guerrero, J. (2015). Cianuro: Toxicidad y Destrucción Biológica. *Consultoría en Biotecnología Minera y Ambiental Minera*, 22-25.
- Gutiérrez, J. Z. (2014). Efecto de la actividad antrópica sobre la composición y diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el río Cofre (sistema lótico andino colombiano). *Revista de Biodiversidad Neotropica*, 113-123.
- Huertas, & Arrieta. (2015). Revisión taxonómica de los subgéneros Hyalodaphnia y Daphnia (género Daphnia), mediante el uso de marcadores moleculares y Código de Barras (COI). *Revista Ciencia en Desarrollo*, 77-86.
- Jaramillo, M., Henao, S., Buitrago, D., & Galvis, J. (2016). MANAGEMENT OF AQUATIC MACROPHYTE IN ACCUMULATION AND TRANSFORMATION OF CYANIDE RESULTING FROM GOLD PROCESING IN THE MINE LA COQUETA. *Boletín Científico, Museo de Historia Natural*, 15-30.
- Lavenu, A. W. (1995). A Pliocene–Quaternary compressional basin in the Interandean Depression, Central Ecuador. *Geophysical Journal International*, 279-300.
- Linarte, R. (2006). *DESTRUCCIÓN DE CIANUROS EN EFLUENTES DE LA INDUSTRIA MINERA MEDIANTE EL EMPLEO DE REDUCTORES QUÍMICOS*. Recuperado el 16 de noviembre del 2019 de https://www.ocmal.org/wp-content/uploads/2017/03/destruccion_de_cianuro.pdf
- Logsdon, M., Hagelstein, K., & Mudder, T. (2001). *El manejo del cianuro en la extracción de oro*. Recuperado el 6 de enero del 2020 de <http://www.panoramaminero.com.ar/ICMME.pdf>
- López Bravo, M., Santos Luna, J., Quezada Abad, C., Segura Osorio, M., & Pérez Rodríguez, J. (2016). Actividad minera y su impacto en la salud. *Revista Ciencia UNEMI*, 92-100.
- Martínez, F., Rodríguez, J., & Martínez, L. (2008). UNA ESPECIE ZOOPLANCTÓNICA POTENCIALMENTE UTILIZABLE COMO ORGANISMO DE PRUEBA EN BIOENSAYOS DE TOXICIDAD AGUDA EN AMBIENTES TROPICALES Y SUBTROPICALES. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 153-159.
- Nava, A., Rodríguez, E., Salas, U., & Perez, G. (2007). Análisis químico de cianuro en el proceso de cianuración. *Revista de Metalurgia*.
- Oviedo, R., Móina, E., Naranjo, J., & Barcos, M. (2017). Contaminación por metales pesados en el sur del Ecuador asociada a la actividad minera. *Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador*.

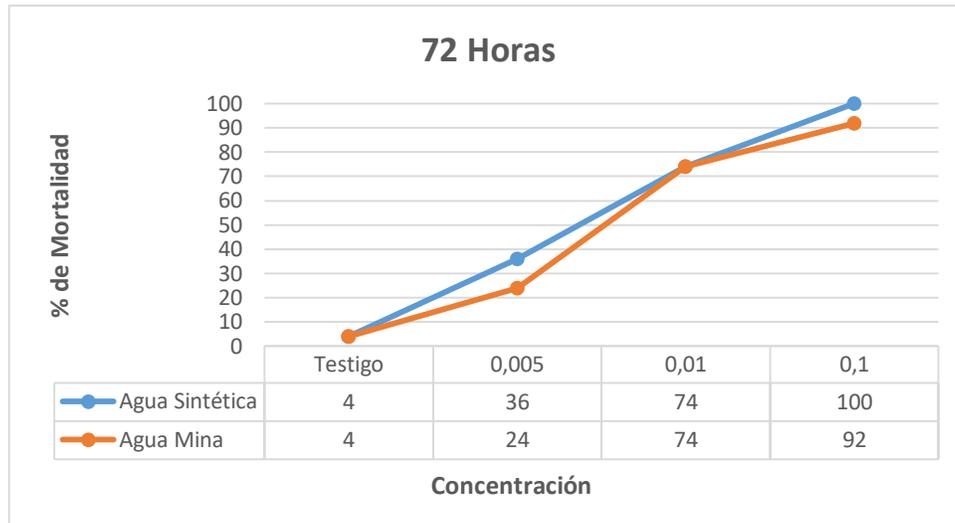
- Posada, M. I., & Arroyave, M. d. (2006). EFECTOS DEL MERCURIO SOBRE ALGUNAS PLANTAS ACUÁTICAS TROPICALES. *Revista EIA*.
- Rivas, Z. S. (2009). Total nitrogen and phosphorus from tributary rivers to the lake of maracaibo system. *Interciencia*, 3008-314.
- Rojas Guerrero, J. (2013). Cianuro: Toxicidad y Destrucción Biológica. *Consultoría en Biotecnología Minera y Ambiental Minera*.
- Sabath, E., & Robles Osorio, L. (2012). Medio ambiente y riñón: nefrotoxicidad por metales pesados. *Revista Nefrología*.
- Sánchez, O. H. (2007). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. Recuperado el 24 de Octubre del 2019 de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Perpectivas-sobre-conservaci%C3%B3n-de-ecosistemas-acu%C3%A1ticos-en-M%C3%A9xico.pdf>
- Silbergeld, E. (2006). Toxicología.
- Spiro, T., & Stigliani, W. (2006). *Química medioambiental*. Madrid: Pearson.
- Vidal, R., & Gutiérrez, A. (2005). *Conceptos y breve historia de la Limnología*. Madrid.
- Vivas Alban , V. I. (2011). *LOS DILEMAS DEL DESARROLLO: MINERÍA A GRAN ESCALA EN LA CORDILLERA DEL CÓNDOR*. Recuperado el 2 de diciembre del 2019 de <http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/engov/20130829123046/VIVASLosDilemas.pdf>
- Zambrano, A. (2018). *Biodegradación del Cianuro en aguas residuales mineras, estudio de caso planta polecua, de la mina Barraco Colorado del cantón Camilo Ponce Enríquez*. Cuenca, Azuay, Ecuador.

ANEXOS

Anexo 3. Tabla de datos de las concentraciones de cianuro de sodio y de reproducción.

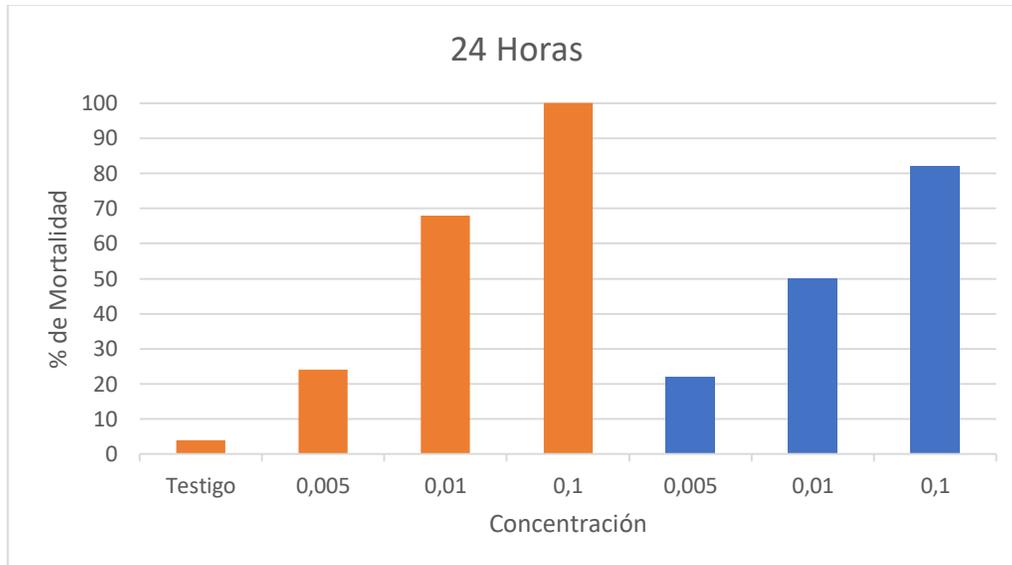
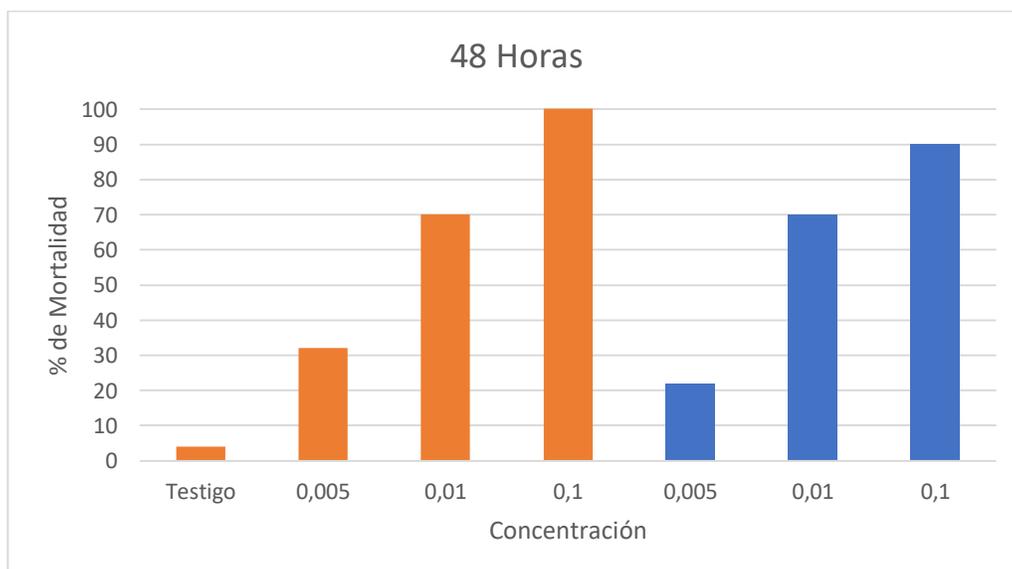
Tratamientos	Repeticiones	20 días
2	1	4
2	2	5
2	3	4
2	4	5
2	5	6
3	1	6
3	2	7
3	3	6
3	4	5
3	5	6
5	1	2
5	2	1
5	3	3
5	4	1
5	5	4
6	1	4
6	2	5
6	3	5
6	4	8
6	5	6
7	1	11
7	2	11
7	3	9
7	4	10
7	5	12

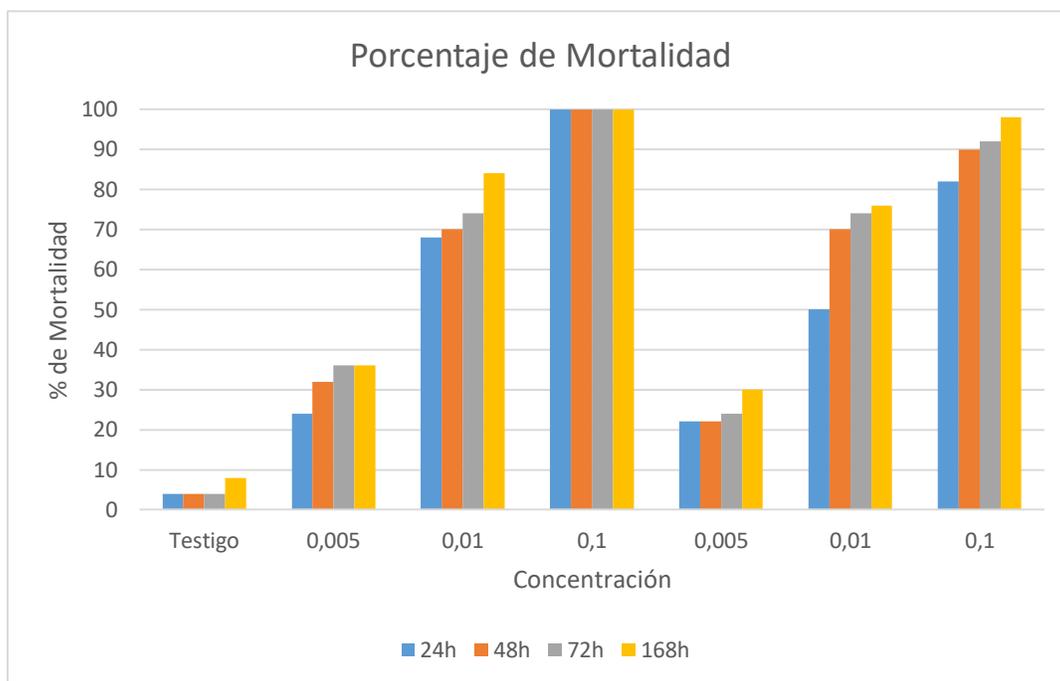
Anexo 4. Porcentaje de mortalidad observado a las 72 horas.



Anexo 5. Porcentaje de mortalidad observado a las 168 horas.



Anexo 6. Porcentaje de mortalidad observado a las 24 horas.**Anexo 7.** Porcentaje de mortalidad observado a las 48 horas.

Anexo 8. Porcentaje de mortalidad observado a las 24, 48, 72 y 168 horas.

Anexo 9. Crianza de *Daphnia magna* en condiciones de laboratorio.



Anexo 10. Cianuro de sodio pesado para la solución madre.



Anexo 11. Montaje de los tratamientos y repeticiones del ensayo.



Anexo 12. Resultados de los análisis de laboratorio de cianuro libre en agua de mina.

CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES CENTROCESAL Cia. Ltda. AREA QUÍMICA	
INFORME DE ENSAYO No.: 32980-01-11-11-19-Q	
Datos del Cliente	
Cliente:	Yadira Gabriela Valdez Alba
Representante:	Yadira Valdez Alba
Dirección:	Pusuqui
Teléfono:	993697115
Datos del ítem de Ensayo	
Identificación de la Muestra:	AGUA DE MINA
Descripción de la Muestra:	Líquido ligeramente turbio color amarillo
Contenido declarado:	2000 ml
Conservación de la Muestra:	Ambiente
No. Lote o código:	ND
Fecha de elaboración:	ND
Fecha de caducidad:	ND
Datos de Muestreo, Recepción y Análisis	
Toma de muestra / Muestreo:	Por el cliente
Fecha de muestreo:	ND
Fecha de recepción:	2019-10-16
Fechas de ensayo:	2019-11-11
Fecha de reporte:	2019-11-20
Los resultados se aplican a la muestra tal cual como se recibió	

Resultados analíticos: Pag.: 1 de 2

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	**ESPECIFICACIÓN
Cianuro Libre	POE: 7.2.86 SM 4500-G	mg/L	<0,01 LD	máx 0,01

SM Standard Method APHA (Método de Referencia)

POE: (Procedimiento Interno)

** Especificaciones solicitadas por el cliente tomadas de Libro VI TULSMA, año 2000, Tabla N3, Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

CENTROCESAL Cia. Ltda.
Lcda. *María Wakao*



Q.F. Andrea Cumbra A.
CENTROCESAL Cia. Ltda.

RESPONSABLE DE ANÁLISIS RESPONSABLE DE SUPERVISIÓN

Notas:

ND: No declara NA: No aplica

- NOTA 1: Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas de este reporte.
- NOTA 2: Los ensayos son realizados a temperatura ambiente excepto donde se especifique. Las condiciones ambientales de temperatura y humedad no influyen en este análisis
- NOTA 3: Muestras recibidas en el laboratorio e información de las mismas proporcionada por el cliente. CENTROCESAL Cia. Ltda. se responsabiliza únicamente de los análisis
- NOTA 4: La declaración sobre la incertidumbre de medición, se puede solicitar al laboratorio y será información cuando el cliente lo requiera o cuando afecte a los límites de una especificación.
- NOTA 5: El tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio corresponde a perecibles: 48 horas y no perecibles: 20 días desde la entrega del resultado.
- NOTA 6: Todas las actividades son realizadas en las instalaciones del laboratorio excepto donde se especifique
- NOTA 7: La declaración de conformidad está dada de acuerdo a la guía ISO 98-4
- NOTA 8: Los datos suministrados por cliente y los requisitos de recepción de ítem de ensayo que afectan a la validez de los resultados serán declarados en observaciones
- NOTA 9: Toda información que sea proporcionada por el cliente y que afecta a la validez resultados, es exclusiva responsabilidad de quienes las emiten y no representa responsabilidad para CENTROCESAL

ref.:POE:7.8.1 Rev.:02 Anexo 1

Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, sin la autorización escrita del Laboratorio

Av. América N31-232 y Av. Mariana de Jesús
Telfs: (593 2) 2230342 / 2233792 Fax: Ext. 102 Celular: 099649872
e-mail: info@centrocesal.com / www.centrocesal.com
QUITO - ECUADOR

Anexo 14. Resultados de los análisis de laboratorio de metales pesados en agua de mina.

		RESULTADOS ANÁLISIS DE METALES POR ICP																																	
Nombre del Solicitante:	Yaira Váñez																																		
Fecha de entrega de muestras:	11/18/2019																																		
Fecha de análisis:	11/21/2019																																		
Fecha de entrega de resultados:	11/21/2019																																		
Condiciones de muestra:	La muestra fue entregada en botella ambar de 1 L.																																		
Preparación de muestra:	Se tomó 45 ml de muestra de agua y se añadió 5 ml de HNO3 al 67% libre de metales. Se digirió durante 30 minutos. Se filtró y se aforó a 50 ml con agua Tipo I.																																		
Técnica utilizada:	ICP-OES (Prensa Inductivo Acoplado)																																		
Responsable del análisis:	Genoveva Granda																																		
RESULTADOS METALES ppm (mg/L)																																			
MUESTRA:	PESOVOLUMEN DILUCION	B	Ba	Bi	Ca	Co	Cd	Cu	Cr	K	Mn	N	Pb	Sr	Ti	Zn	Cu	Fe	Al	Ni	Li	Ag	Ga	In	Ge	Hg	Mg	V	Pb	Se	S	P	Si	Au	Bi
AGUA MT	45 ml	50 ml	6.354	0.381	MD	0.002	0.407	0.044	3.231	328.813	0.023	27.100	0.360	0.072	MD	0.438	7.057	213.624	0.338	8458.376	0.610	0.362	MD	0.030	2.419	0.187	MD	9.059	844.512	8.628	437.501	262.162	MD		
Observaciones:																																			
	ND= No detectado																																		

