



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Revisión sistemática y meta-análisis: Aplicación de  
microorganismos para la degradación de cianuro en las aguas  
residuales por actividades mineras auríferas**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL

**AUTORES**

Agurto Ludeña, Aillen Consuelo (ORCID: 0000-0003-3216-6251)

Arzapalo Marcelo, Renzo (ORCID: 0000-0002-3792-0746)

**ASESOR:**

Dr. Benites Alfaro, Elmer (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y gestión de los recursos naturales

LIMA – PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

Se la dedico a mi luz, mi guía, Dios padre, quien me acompaña en todo momento y me enseña a enfrentar la vida con mucha sabiduría y amor.

A mis madres, Aurelia Ludeña y Julia Flores, por ser mi apoyo incondicional siempre.

A mi familia en general por sus sabios consejos, afecto y cariño.

Aillen Agurto Ludeña

A Dios por su amor y bondad, por darme fuerza y salud para lograr mis metas.

A mis padres Rosario Marcelo Saavedra y Luis Arzapalo Santana por su apoyo incondicional y motivación para salir adelante y no darme por vencido.

Renzo Arzapalo Marcelo

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios todopoderoso por fortalecerme y guiarme.

A mi papá Javier Campos, quien con su mano amiga me brindó apoyo en mi etapa universitaria.

A mis amados Molly y Canelo que me acompañaron siempre en mis desvelos estudiantiles.

A mis fieles amigos, que me exhortaron a seguir adelante. En especial a Ricardo Landazuri M.

A mi compañero de tesis por el compromiso y perseverancia.

A la comunidad estudiantil vallejana y en especial a mi asesor de tesis, Dr. Elmer Benites por sus consejos, tiempo y enseñanza.

Aillen Agurto Ludeña

Agradezco a mi novia Nelly Victoria De la Cruz Chinchay por su amor y comprensión.

A mi tío José Luis Marcelo Saavedra por sus sabios consejos en momentos precisos de mi vida profesional.

A mis maestros y amistades por los afectos y consejos.

Renzo Arzapalo Marcelo

## Índice de contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	9
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	9
3.2. Variables y operacionalización.....	9
3.3. Población y muestra.....	10
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	10
3.5. Procedimiento.....	11
3.6. Método de análisis de los datos.....	15
3.7. Aspectos Éticos.....	16
IV. RESULTADOS.....	17
Meta-análisis.....	40
Análisis de los resultados realizado en excel.....	42
V. DISCUSIÓN.....	46
VI. CONCLUSIONES.....	50
VII. RECOMENDACIONES.....	51
REFERENCIAS.....	52
Anexo 1: Matriz de consistencia y de operacionalización de variables.....	60
Anexo 2: Instrumentos de recolección de datos.....	62
Anexo 3: Validación de instrumentos de recolección.....	68
Anexo 4: Prueba de originalidad de la investigación en Turnitin.....	86

## Índice de tablas

Tabla 1. Valoración de instrumentos .....	11
Tabla 2. Exploración de la información en las bases de datos .....	12
Tabla 3. Estrategia de búsqueda.....	13
Tabla 4. Rango para interpretar adecuadamente el estadístico de $I^2$ .....	15
Tabla 5. Criterios de exclusión e inclusión .....	17
Tabla 6. Características de las investigaciones incluidas para el meta-análisis ...	21
Tabla 7. Escala Newcastle Ottawa .....	30
Tabla 8. Microorganismos aplicados en tratamiento de aguas residuales.....	33
Tabla 9. Condiciones de hábitat de los microorganismos.....	35
Tabla 10. Características fisicoquímicas de muestras de aguas residuales .....	38
Tabla 11. Seguimiento del porcentaje de cianuro.....	40
Tabla 12. Matriz de consistencia .....	60
Tabla 13. Matriz de operacionalización de variables .....	61

## Índice de figuras

Figura 1. Proceso validación de criterios de exclusión para meta-análisis.....	18
Figura 2. Proceso validación de criterios de inclusión para meta-análisis .....	20
Figura 3. Concentraciones de CN para degradación por microorganismos .....	41
Figura 4. Concentraciones 1 y 2 para tratamientos de degradación de cianuro ....	43
Figura 5. Porcentajes de degradación en tratamientos de las investigaciones .....	44
Figura 6. Comparación de porcentajes de degradación en los tratamientos .....	45
Figura 7. Microorganismos utilizados con los % de degradación .....	45

## Resumen

Esta investigación evaluó mediante una revisión sistemática y meta-análisis la eficiencia para degradación de cianuro en aguas residuales por actividades mineras auríferas con aplicación de microorganismos. Se enmarcó en un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, diseño no experimental, nivel descriptivo. Para la obtención de información se utilizaron las bases de datos: ebscohost, worldwidescience, scopus, entre otras, en un periodo de los últimos cinco años, mientras que para el meta-análisis se empleó el RevMan 5.4. Se encontró que la eficiencia para degradación de cianuro estuvo en promedio a 96%, donde se destacaron los microorganismos *Pseudomonas* en diferentes variantes para la degradación de cianuro. Finalmente, se encontró que el porcentaje del tratamiento aplicado a la degradación para la menor concentración del cianuro (concentración 1) mostró un 96% favorable con respecto a los aplicados a mayor concentración (concentración 2), ya que esta última sólo logró un 4%. En conclusión, la aplicación de microorganismos en la degradación de cianuro en aguas mineras es una alternativa de tratamiento viable y eficiente, ya que presenta elevados niveles de degradación, las técnicas y tratamientos con microorganismos son variables y dependen de factores como área en estudio, aislamiento de microorganismos, identificación del contaminante y condiciones ambientales existentes.

**Palabras clave:** aguas residuales, degradación de cianuro, meta-análisis. microorganismos, revisión sistemática

## **Abstract**

This research evaluated through a systematic review and meta-analysis, the efficiency of cyanide degradation in wastewater from gold mining activities through the application of microorganisms. It was framed in a quantitative approach, applied type, non-experimental design, descriptive level. To obtain information, the databases: ebscohost, worldwidescience, scopus, among others, were used in a period of the last five years, while for the meta-analysis RevMan 5.4 was used. It was found that cyanide degradation efficiency averaged 96%, *Pseudomonas* microorganisms in different variants were used for cyanide degradation. Finally, it was found that the percentage of the treatment applied to degradation for the lowest concentration of cyanide (concentration 1) showed 96% favorable with respect to those applied to the highest concentration (concentration 2), since the latter only achieved 4%. In conclusion, the application of microorganisms in the degradation of cyanide in mining waters is a viable and efficient treatment alternative, since it presents high levels of degradation, the techniques and treatments with microorganisms are variable and depend on factors such as the area under study, the isolation of the microorganisms, identification of the contaminant and the existing environmental conditions.

**Keywords:** wastewater, cyanide degradation, meta-analysis, microorganisms, systematic review.



## I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional y la constante lucha de la estabilidad económica para las industrias, en donde han tenido un rol importante con los proyectos de inversión; siendo un ejemplo de ello, la industria minera, que en las últimas décadas ha despertado interés en la explotación de minerales como el oro, zinc, plomo entre otros, en yacimientos nuevos. En la actualidad, el Perú se posiciona entre los primeros productores; esto gracias a la abundancia de recursos, así como la capacidad productora de variedad de metales. Al realizar la extracción de los mismos traen problemas medioambientales, como la pérdida de ecosistemas y contaminación del suelo, agua y aire.

En este contexto, existe descontento por parte de las comunidades ubicadas cerca de los centros poblados que se encuentran adyacentes a las operaciones de minería, quienes compiten con las empresas mineras para la conservación de los recursos. Debido a la problemática expuesta, en esta investigación se efectúa una revisión sistemática de la aplicación de microorganismos con propósito de solucionar la problemática de la degradación de cianuro en aguas residuales producto de actividades mineras auríferas.

El presente trabajo de investigación se desarrolló a partir de las siguientes preguntas para la proposición del problema, como **problema general**: ¿Mediante la revisión sistemática y meta-análisis, es posible evaluar la eficiencia de la degradación de cianuro en las aguas residuales por actividades mineras auríferas con la aplicación de microorganismos? Como **problemas específicos** se plantean los siguientes: 1) ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos para la degradación de cianuro en las aguas residuales por actividades mineras auríferas mediante la aplicación de microorganismos a través revisión sistemática y meta-análisis y 2) ¿Cuál es el porcentaje degradación de cianuro utilizando microorganismos en las aguas residuales por actividades mineras auríferas luego de una revisión sistemática y meta- análisis?

El estudio se **justifica ambientalmente**, porque buscó fomentar la relevancia de las actividades antropogénicas conllevando a plantear solución a una problemática en el medio ambiente, buscó resultados favorables para reducir la contaminación por metales, debido a que es un tema muy importante, cotidiano y polémico, ya que

en nuestro país la minería es uno de las actividades más importantes que existen y a su vez una de las que más contaminantes. Como **justificación social**, este estudio servirá como base y sustento a estudiantes que se involucren en el área para ser partícipes en la realización de estudios similares, así como a las empresas mineras para dar a conocer diversos microorganismos usados en métodos de degradación de metales, como el cianuro presente en las aguas residuales. Como **justificación económica**, por una necesidad de tomar la mejor alternativa de solución a la hora de seleccionar la aplicación de microorganismos para degradar el cianuro presente en aguas residuales mineras auríferas.

Las actividades mineras afectan a los recursos hídricos y entre otros; siendo el deterioro ambiental considerable en las aguas superficiales, en este sentido arriesga la extinción de la flora, fauna acuática, la contaminación del aire, contaminación de las aguas subterráneas, la degradación del suelo y su impacto nocivo en la agricultura, asimismo graves consecuencias sobre la salud y cadena alimenticia. En virtud a los daños ambientales que ocasiona el cianuro, una degradación con microorganismos esenciales aporta una alternativa relevante para el saneamiento ambiental y permitirá que el agua sea utilizada como un recurso que permite mantener la biodiversidad en bosques, lagunas y zonas de riesgo.

En relación al problema, se formuló como **objetivo general**: evaluar mediante la revisión sistemática y meta-análisis la eficiencia de la degradación de cianuro en las aguas residuales por actividades mineras auríferas con la aplicación de microorganismos. Así mismo, los **objetivos específicos** fueron: 1) Identificar los parámetros fisicoquímicos más relevantes para la degradación de cianuro en las aguas residuales por actividades mineras auríferas con la aplicación de microorganismos a través revisión sistemática y meta-análisis y 2) Determinar el porcentaje de degradación de cianuro utilizando microorganismos en las aguas residuales por actividades mineras auríferas luego de una revisión sistemática y meta- análisis

La presente investigación formuló como **hipótesis general**: que mediante la revisión sistemática y meta-análisis se puede evaluar la eficiencia de la degradación de cianuro en las aguas residuales por actividades mineras auríferas con la aplicación de microorganismos. Como **hipótesis específicas** tenemos lo siguiente:

1) Se puede identificar los parámetros fisicoquímicos más relevantes para la degradación de cianuro en las aguas residuales por actividades mineras auríferas con la aplicación de microorganismos a través revisión sistemática y meta-análisis y 2) Se puede determinar el porcentaje de degradación de cianuro utilizando microorganismos en las aguas residuales por actividades mineras auríferas luego de una revisión sistemática y meta- análisis.

## II. MARCO TEÓRICO

Teóricamente este trabajo se sustenta en el empleo de las tecnologías biológicas (microorganismos, plantas) aunque actualmente se ha subestimado su uso para la remediación de sitios contaminados, y a pesar de que su aplicación comercial sea poco desarrollada a comparación de otras tecnologías, representan un gran potencial en eficiencia, como en costos, ya que en general, el equipamiento necesario para implementarlo es menos costoso que el requerido en tratamientos fisicoquímicos (Vela et al., 2019).

Así como, referencialmente este estudio se apoya en trabajos de investigación previos tales como el de Copari (2019), quien evaluó la capacidad biodegradadora de cianuro mediante la bacteria *Klebsiella*. Encontró como resultados entre 98 % y 98,8 % de biodegradación en un tiempo de 60 horas aplicando la bacteria *Klebsiella* sp. Asimismo, Mayorca (2018), evaluó la reducción de cianuro del agua industrial contaminada mediante la biopelícula microbiano de chala. Se obtuvo como resultados la reducción de cianuro hasta 38.98 mg/L con un pH de 8.5 en condiciones normarles, y a través de un birreactor que contiene una biopelícula de *Escherichia coli*, el resultado redujo el cianuro hasta 418 mg/L con un pH de 8.9.

También, Saavedra (2018) determinó el grado de degradación de cianuro de sodio por bacterias aisladas de efluentes cianurados en la zona minera artesanal, Huamachuco – La Libertad. Los resultados lograron reducir el cianuro de sodio de ambos cultivos ( $p < 0.005$ ), un 50% de eficiencia de degradación; se concluyó que 27 cultivos bacterianos fueron capaces de desarrollarse a un pH 12 y 2 toleraron una concentración de 800 ppm de cianuro. Se concluyó que los cultivos bacterianos LBIG20 y LBIG26 tienen una eficiencia de degradación de cianuro de hasta 50%.

Los beneficios de aplicar los microorganismos se manifiestan en diferentes actividades como, por ejemplo: salud, agricultura, industria de alimentos e inclusive diversas aplicaciones ambientales. Cuando se emplea para temas ambientales se le llama biotecnología, que tiene como objetivo modificar o crear procesos o productos los cuales tendrán un uso específico dado que, en la actualidad variedad de problemas como producto de las actividades antrópicas, por eso que es importante la generación de alternativas nuevas o innovadoras las cuales no presenten un impacto con el medio ambiente, es así que varias investigaciones

encuentran viabilidad y eficiencia en la biotecnología (Riaño, 2010).

Por su parte, Vargas (2017) evaluó el impacto del microorganismo de estudio en la degradación de cianuro. Utilizó la bacteria *P. Fluorescens*, con la que se obtuvo como resultado 84.80 % de eficiencia de degradación de cianuro libre teniendo concentraciones de 76 ppm a partir de 20 ppm del microorganismo. Se concluyó que la cepa de *P. Fluorescens* fue una buena alternativa de solución. En ese mismo orden de ideas, Cornejo (2016), evaluó la capacidad de degradación del cianuro con una conformidad microbiana nativa y productora de enzimas degradadoras. Se utilizaron las bacterias *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Alcaligenes* cuyas condiciones operacionales dieron como resultado que la mayor unión o conformidad microbiana generó una mitigación de cianuro en un 97 y 99% luego de 15 días en tratamiento de laboratorio y 22 días de biorremediación in-situ. Se concluyó, que los 3 grupos aislados de microorganismos utilizados desempeñan una función importante en la biorremediación de lugares contaminados por efecto del cianuro en la actividad de extracción de plata y oro.

Existe una gran variedad de tratamiento de aguas residuales, así como el uso de microorganismos, denominados microorganismos eficientes, y su importancia está en que no contaminan y son eficientes. Un ejemplo de esto es el caso de los lodos activados, en el cual actúan las bacterias, para degradar los contaminantes que existen en esas aguas. Los microorganismos eficientes son aplicados en muchos ámbitos tales como: apicultura, rellenos sanitarios, tratamiento de los suelos, de aguas y aguas residuales, etc. (López et al., 2017).

Se puede decir que el cianuro es un compuesto en su mayoría para fines mineros y químicos. En el caso de la minería, son los procesos de lixiviación de oro y plata los más comunes en el uso de cianuro, especialmente de cianuro de sodio (NaCN). En Chile, en el tema de proyectos referidos a la minería de oro y plata, presentan un contexto en el son insumos muy importantes para esta industria, refiriéndose al cianuro de sodio, por lo tanto, se requiere contar con un mayor grado de información sobre su mercado. (Arévalo, 2018)

Arevalo (2018), precisó la capacidad biodegradadora de cianuro que tiene el género *Trichoderma*. Se obtuvo como resultado, 50% de humedad y 300 ppm de una concentración de cianuro, una degradación de 50% del contaminante. Se concluye

que la bacteria *Trichoderma sp*, ofrece una degradación del contaminante óptimo y que es viable y menos costosa que otras técnicas de biodegradación, al mismo tiempo el pH es un factor muy importante ya que si es muy bajo se convertiría en ácido cianhídrico y alteraría los resultados.

Gordillo (2018), explicó los procesos utilizados para la degradación de cianuro a partir de microorganismos en residuos provenientes de la minería de oro en Colombia. Los resultados demostraron, que los microorganismos que tienen capacidad degradativa disminuyen la concentración de cianuro presente en algunos residuos, éstos deben mantenerse condiciones óptimas de pH del suelo con valores entre 5.5 y 8.8, temperatura entre 15°C y 45 °C, humedad entre 25 y 28%, contenido de oxígeno menor a 10%, básicamente de fósforo y nitrógeno, tipo de suelo con bajo contenido de arcilla y sedimentos y un máximo de 2000 ppm de metales pesados. Se concluyó, que al realizar la práctica con los microorganismos sobresalieron las siguientes tecnologías: Oxidación, reducción, sustitución/transferencia y reacciones hidro-catalíticas.

Vargas Serna (2017), determinó la eficiencia de una enzima cianuro dihidratasa a partir *Bacillus pumilus* generada de manera recombinante en *E.coli* para degradar el cianuro. Se obtuvo como resultado una degradación de hasta 70 % del cianuro presente en actividades mineras en un tiempo estimado de 30 minutos. Se concluyó, que utilizando la *E.coli* es una opción de solución interesante para la degradación de cianuro en los diferentes ámbitos.

Vela, Guamán y González (2019), evaluaron la eficiencia de remoción de diferentes metales del agua residual por medio de un proceso de fitorremediación a través del uso de las microalgas *Pleurococcus sp.*, *Chlorella sp.* y *Scenedesmus sp.* El resultado mostró que el género de microalga por *Pleurococcus*, obtuvo una óptima remoción del 86 %; así mismo el consorcio de microalgas obtuvo resultados mayores al 76 %, 93 % y 97 % respectivamente a sulfatos, fosfatos, y nitratos. Se concluyó que el uso de microalgas aisladas de la zona de estudio representando una prometedora fuente de germoplasma en la aplicación para la biorremediación medioambiental.

Las aguas residuales están divididas en tres clases, las cuales pueden ser: domésticas, industriales y municipales. La clase primera son las que provienen de

zonas comerciales y residenciales, en el cual se encuentran en su mayoría los residuos fisiológicos. La clase segunda corresponde a aguas residuales municipales, siendo una mezcla de efluentes industriales con aguas residuales domésticas. Finalmente, encontramos a las aguas residuales industriales las cuales son producto de las actividades de industrias, de estas las que generan mayor impacto son las de origen de actividad minera, energética, metalúrgica y química (González y Morales, 2015).

Los efluentes o aguas residuales provenientes de actividades antropogénicas, que contienen cianuros de los tratamientos utilizados en la industria minera, normalmente son vertidos a lagos o ríos, lo que genera una fuerte contaminación que tiene efectos desgarradores sobre diversas especies acuáticas y también sobre el ganado que eventualmente toma agua de esas zonas. En el caso de lagos, el efecto es aún mayor debido a que existe un proceso de acumulación, que sólo después de un gran tiempo logra obtener su equilibrio. En el medio ambiente cuando el cianuro se hidroliza produce formiato de amonio:  $CN^- + 3H_2O \rightleftharpoons HCOO^- + NH_4^+ + OH^-$ . Por lo que puede esperarse la formación de amonio durante la cianuración, debido a los niveles de pH utilizados entre otros contaminantes (Gordillo, 2018).

También es importante mencionar para este estudio que meta-análisis precede al concepto de revisión sistemática según Villasís *et al.* (2020), al definirlo como un conjunto de técnicas usadas para cuantificar información contenidas en investigaciones parecidas que tienen un mismo objetivo. Asimismo, Cochrane define a la revisión sistemática como un resumen de los resultados de diversas investigaciones por medio de métodos que reduzcan los errores aleatorios y sesgos. La unidad de análisis son los estudios de investigación. Actualmente el meta-análisis se reserva para denominar las técnicas estadísticas de combinación de resultados. Las normas MOOSE (Meta-análisis de estudios observacionales) y PRISMA (Elementos de informes preferidos para revisiones sistemáticas y meta-análisis) en donde se detalla cómo se debe redactar la publicación de una revisión sistemática o meta-análisis. (Hutton *et al.*, 2016)

El meta-análisis está comprendido por dos importantes enfoques, siendo el primer enfoque el analítico, pues se da importancia a la ubicación y revisión cuantitativa y

cualitativa de una base de datos completa referido a un trabajo de investigación, en que se muestra las diferencias de cada estudio, a comparación del segundo enfoque el cual es el sintético, así mismo se basa en cuantificar resultado de cada investigación. Ambos enfoques son importantes y se complementan el uno al otro, con el objetivo investigaciones futuras tengan una misma metodología para obtener resultados similares (Martín, 2015).



### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

El **tipo de investigación** pertenece a un enfoque cuantitativo y de tipo básico. El enfoque cuantitativo está basado en recopilar datos para poder corroborar la hipótesis formulada en el presente trabajo, la cual es desarrollada en referencia a los análisis estadísticos y la medición numérica, cuyo objetivo es comprobar teorías. (Hernández y Mendoza, 2018, p. 198)

Así mismo Arias (2020, p. 43), sostiene que la investigación se basa en postulados científicos, ya que se necesita elegir teorías que mencionan las ideas importantes y las características del contexto respecto a la situación problemática, para que finalmente el problema este mejorado. Este tipo de investigación está dirigida para un uso inmediato y no para desarrollar teorías. En este sentido, en este trabajo se usaron los conocimientos o teorías ya formuladas en el campo, es decir en el lugar donde se encuentra el problema.

El **diseño de investigación** fue no experimental, puesto que no hubo estímulos a las cuales fueron sometidas las variables. El nivel es descriptivo, puesto que se revisaron investigaciones para fundamentar los objetivos del presente trabajo. Según Arias (2020, p. 38) indica que en el diseño no experimental no se manipula las variables, es decir, se visualiza los acontecimientos tal y como se encuentran en su contexto habitual. Según Hernández y Mendoza (2018), manifiesta que la investigación de nivel descriptivo está basada en realidades, cuya principal característica es la de mostrarnos una interpretación exacta. (p.178)

#### 3.2. Variables y operacionalización

La presente investigación se sostiene de las siguientes variables que se presentan a continuación:

**Variable independiente:** evaluación de la aplicación de microorganismos

**Dimensiones:**

- Condiciones de hábitat
- Microorganismos de estudio de acuerdo a cada investigación

**Variable dependiente:** degradación de cianuro en las aguas residuales por actividades mineras auríferas

**Dimensiones:**

- Parámetros fisicoquímicos
- Porcentaje de degradación de cianuro

En el anexo 1, se presenta la matriz de consistencia y de operacionalización de variables donde se explica más detalladamente.

### **3.3. Población y muestra**

La **población** estuvo representada por investigaciones o estudios en donde se aplicó microorganismos para la degradación de cianuro en las aguas residuales por actividades mineras auríferas. La unidad de análisis fue el conjunto de fuentes científicas o revisiones relacionadas al título del presente trabajo de investigación, las cuales en total fueron 202 investigaciones.

La **muestra**, estuvo determinada por aquellos estudios que reunieron los criterios de inclusión y los que se encontraron en la escala Newcastle-Ottawa (la cual fue modificada respecto a un criterio ambiental), esto es 11 investigaciones. El **muestreo** fue no probabilístico por conveniencia, utilizando el meta-análisis como herramienta, debido a que ejerce modelos estadísticos considerando los posibles márgenes de error, las cuales cumplen el propósito de la cuantificación de resultados de varios autores para conseguir conclusiones de carácter objetivo (Dickersin, 1992).

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

El análisis documental fue la técnica usada, ya que es un proceso de síntesis y recolección científica, con lo que se respondió el problema general. Luego, se ejecutó el meta-análisis, el cual hace posible analizar de forma estadística la base de datos resultante de revisiones sistemáticas y con la cual se podrá aceptar o rechazar la hipótesis que se planteó para esta investigación. En cuanto a la recolección de datos, el instrumento se basó en fichas de registros bibliográficos, donde se recopiló la información importante de las revisiones, con las cuales se hizo meta-análisis. Sobre la validación de los instrumentos, estas se realizaron por

medio de la calificación de expertos, arrojando una valoración de 90% (ver tabla1).

**Tabla 1.** Valoración de Instrumentos

<b>Nombre del experto</b>	<b>Especialidad</b>	<b>CIP</b>	<b>Valoración</b>
Dr. Elmer Benites Alfaro	Medio ambiente	71998	90%
Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez	Medio ambiente	89972	90%
Ing. Danny Lizarzaburú Aguinaga	Medio ambiente	95556	90%
<b>Promedio de valoración</b>			90%

Según López, González y Álvarez (2017), la confiabilidad consiste en que el instrumento que se utiliza mantenga una condición fiable y que al usarla se obtenga resultados veraces en condiciones similares de medición. En el anexo 3 se puede observar los instrumentos validados.

### **3.5. Procedimiento**

#### **3.5.1. Criterios de inclusión y exclusión**

Se consideraron los estudios longitudinales observacionales con información de microorganismos y degradación de cianuro en aguas residuales de actividades mineras auríferas. Las revisiones también incluyeron la comparación de la degradación del contaminante en relación con otros tipos de microorganismos. Por consiguiente, las revisiones de diferente origen (domesticas, agropecuarias, etc.), así como de diferentes fuentes de agua (ríos, lagunas, etc.) los cuales hayan sido contaminados con cianuro serán excluidas debido a que casi no existe presencia de este contaminante ya que en su mayoría se encuentran en actividades mineras.

Las revisiones que evaluaron la eficiencia de la aplicación de los microorganismos en relación con otros procedimientos de degradación serán consideradas. Asimismo, las investigaciones que realizaron la degradación del cianuro en otros medios ya sea plantas, etc, investigaciones que no superen los estándares o Imps aceptados, información precaria y artículos de opinión serán excluidos. Las revisiones fueron halladas en diversos espacios geográficos e idiomas. La fecha de publicación de las investigaciones estuvo dentro del rango de los últimos 5 años de actualidad partiendo desde la fecha actual. No obstante, hubo pocas investigaciones que superaron ese límite de tiempo y fueron tomadas en cuenta

puesto que cumplieron con las especificaciones necesarias para el estudio.

### 3.5.2. Selección de las fuentes de información

Las fuentes utilizadas fueron: ebscohost, scopus, microsoft académico, proquest, pubmed, scielo, sciencedirect, worldwebscience, dialnet, y otros buscadores. Se revisaron las referencias de las diversas investigaciones con el objetivo de hallar otras más relacionadas al tema de estudio.

### 3.5.3. Estrategia de búsqueda

A fin de facilitar la exploración y registro de la información, en la Tabla 2 se menciona la base de datos, la función booleana utilizado para la búsqueda de los referentes o investigaciones necesarias para el desarrollo de esta revisión sistemática y meta-análisis, del mismo modo se muestra el campo o acrónimo como lo es el Título (T), el Resumen (R), las Palabras claves (PC) que ayudaron a obtener los primeros resultados de la búsqueda.

**Tabla 2.** *Exploración de la información en las bases de datos*

Bases de Datos	Función Booleana	Acrónimo de Búsqueda
Ebscohost	AND, OR, NOT, ""	T, R, PC
Microsoft Academics	AND, OR,	T, R, PC
ProQuest	AND, OR,	T, R
PubMed	AND, OR, NOT, ""	T, R, PC
Scielo	AND, OR, NOT, ""	T, R, PC
ScienceDirect	AND, OR, NOT, ""	T, R, PC
Scopus	AND, OR, NOT, ""	T, R, PC
WorldWideScience	AND, OR, NOT, ""	T, R, PC
Otros	AND, OR,	T, R, PC

Por otro lado, las estrategias de búsqueda ayudaron a la exploración exhaustiva del número de documentos importantes a recuperar relacionado a la totalidad de documentos significativos de la base de datos, por lo tanto, en la Tabla 3 se explica cuáles fueron las bases de datos investigadas y las palabras clave, tanto en inglés como en español, utilizadas como estrategias de búsqueda. También muestra la cantidad de investigaciones encontradas por cada base de datos (ver Tabla 3).

**Tabla 3. Estrategia de Búsqueda**

Bases de Datos	Estrategia de Búsqueda	Cantidad de referentes
Ebscohost	microorganisms and sodium cyanide or degradation and sodium cyanide, “no cyanide removal”; microorganismos y degradación de cianuro; no remoción de cianuro.	14
Microsoft Academics	microorganisms and sodium cyanide or degradation and sodium cyanide; microorganismos y degradación de cianuro.	17
ProQuest	microorganisms and sodium cyanide or degradation and sodium cyanide; microorganismos y degradación de cianuro.	11
PubMed	microorganisms and sodium cyanide or degradation and sodium cyanide	20
Scielo	microorganismos y degradación de cianuro; degradación de cianuro, no remoción de cianuro	18
ScienceDirect	microorganisms and sodium cyanide or degradation and sodium cyanide, “no cyanide removal”; microorganismos y degradación de cianuro.	12
Scopus	microorganisms and sodium cyanide or degradation and sodium cyanide, “no cyanide removal”; microorganismos y degradación de cianuro.	68
WorldWideScience	microorganisms and sodium cyanide or degradation and sodium cyanide, “no cyanide removal”	15
Otros	microorganismos y degradación de cianuro; cianuro de sodio; degradación de cianuro; microorganisms and sodium cyanide; degradation and sodium cyanide	27
Total referentes		202

#### 3.5.4. Identificación de documentos relevantes

La identificación primaria de los documentos importantes fue desarrollada conforme al conglomerado de revisiones producto de la búsqueda en las fuentes mencionadas, los cuales incluyeron resumen y título. Los autores del presente trabajo desarrollaron una revisión exhaustiva para sustentar la confiabilidad del abanico de fuentes informativas. Por consiguiente, aquellos que calificaron con los criterios de inclusión fueron elegidos para dicha revisión.

### **3.5.6. Evaluación de la calidad**

Se utilizó la escala Newcastle-Ottawa quality assessment scale for cohort studies, con finalidad de medir en las revisiones importantes su calidad metodológica. En escala Newcastle-Ottawa, se tienen tres criterios de evaluación de las investigaciones: selección, resultados y datos específicos. El criterio de selección, analizó tres indicadores que fueron: a) la representación, donde se estableció si la muestra en estudio representa verdaderamente a las aguas residuales y suelos contaminados con cianuro como resultado de actividades mineras; b) la efectividad, donde se evaluó si la aplicación de los microorganismos fue eficiente para disminuir o remover la contaminación con cianuro.

El otro indicador fue la caracterización, que evaluó si las características fisicoquímicas de las aguas residuales (concentración de cianuro, DBO, DQO, turbidez, conductividad eléctrica y pH) fueron descritas. El siguiente criterio de la escala analizó los resultados de los estudios, en el que se evaluaron indicadores como: a) Porcentaje de remoción, que indicó la reducción que sufre el cianuro con la aplicación del tratamiento con microorganismos, reflejándose en un porcentaje de remoción en las aguas residuales y suelos contaminados.

Las condiciones de aplicación, fue el otro indicador usado para establecer las condiciones de tipo de microorganismos, pH, temperatura y tiempo de aplicación del tratamiento con microorganismos para degradar el cianuro. Finalmente, en el criterio de datos específicos, para la escala se evaluaron dos indicadores que fueron: a) Toxicidad: donde del estudio se describió la toxicidad del cianuro en las aguas residuales y suelos y b) Seguimiento: que registró si realiza una evaluación de las aguas residuales y suelos pre y post aplicación de microorganismos.

### **3.5.7. Descripción de los estudios**

Los estudios utilizados en la presente investigación, se describieron los datos para la variable independiente (tipo de microorganismo, tiempo, pH, temperatura), la muestra (la caracterización de aguas residuales) y los resultados de la variable dependiente (porcentaje de degradación de cianuro). En la revisión sistemática la información recopilada de cada estudio seleccionado se resumió en diferentes tablas las cuales mostraron la siguiente información: características de los estudios incluidos en la revisión, características fisicoquímicas de las muestras de aguas

residuales, microorganismos aplicados para el tratamiento de aguas residuales, condiciones de hábitat de los microorganismos, seguimiento del porcentaje de degradación de cianuro, calidad metodológica de los estudios incluidos, aplicación de microorganismos y degradación de cianuro.

### 3.6. Método de análisis de los datos

Para analizar los datos se usó el software review manager (RevMan 5.4), programa estadístico, con el objetivo de desarrollar revisiones sistemáticas y producir meta-análisis. Para lo que se emplearon datos dicotómicos, los cuales se presentaron y se compararon con la razón de momio (Odds Ratio). Así mismo, las estimaciones para el estudio fueron con un intervalo de confianza del 95%. Luego, se hicieron pruebas de heterogeneidad de las investigaciones por medio de diagramas de bosque, con el objetivo de evaluar la superposición de los intervalos de confianza. Posteriormente, fueron realizadas pruebas de homogeneidad mediante el chi-cuadrado y cuantificadas mediante la prueba  $I^2$ . Esta prueba puede mostrar valores de 25% (nivel bajo), 50% (nivel medio) y 75% (nivel alto). Según Higgins y Green (2011), para interpretar el estadístico de  $I^2$  se deben utilizar los siguientes rangos (ver tabla 4):

**Tabla 4.** Rango para interpretar adecuadamente el estadístico de  $I^2$

Rango	Interpretación
0% - 40%	Podría no ser importante
30% - 60%	Representa una heterogeneidad moderada
50% - 90%	Representa una heterogeneidad significativa
75% - 100%	Representa una heterogeneidad considerable

Dicho esto, para lograr la heterogeneidad entre los resultados de las revisiones, fue primordial identificar deficiencias mediante la consignación de datos del programa RevMan 5.4. Si hubiera una heterogeneidad moderada y una heterogeneidad significativa, entonces se deberá sintetizar las investigaciones y usar el modelo de efectos aleatorios. Debido a que los datos recopilados están destinados a un enfoque de medio ambiente, no será necesario cambiar el modelo de efectos fijos a aleatorios.

### **3.7. Aspectos Éticos**

La presente investigación se realizó respecto a las bases en los principios de ética profesional de la Universidad César Vallejo, ofreciendo resultados verídicos y certificados, siendo el factor moral la honestidad, siguiendo el cumplimiento de la resolución del consejo universitario N° 0126-2017/UCV, el cual es referente al uso adecuado de la propiedad intelectual y la información. Por consiguiente, se siguieron los procedimientos establecidos por la Universidad César Vallejo. Al mismo tiempo, se respetó la autenticidad de derecho de autores, ya que se citó siguiendo la norma International Organization for Standardization (ISO 690).



#### IV. RESULTADOS

Para dar inicio al desarrollo de los resultados de la revisión sistemática, se utilizó la metodología PRISMA, en la cual según Urrutia y Bonfill (2011), una vez que se tuvieron todas las investigaciones en la base de datos, se ejecutó la selección de los mismos usando las fichas de recolección de datos para evaluar estos documentos de acuerdo a la similitud en títulos, resumen, métodos, resultados, discusión, conclusiones y recomendación de la publicación. En ese sentido, se encontró una total de 202 investigaciones a las que se les aplicó esta metodología considerando los criterios de exclusión e inclusión que se encuentran especificados en la tabla 5.

**Tabla 5.** *Criterios de exclusión e inclusión*

Criterios de exclusión	Criterios de inclusión
- Investigaciones realizadas en aguas residuales de diferente origen (industriales, domesticas, etc), así como de diferentes cuerpos de agua (ríos, lagos, etc.)	- Estudios longitudinales observacionales con información de microorganismos y degradación de cianuro en aguas residuales de actividades mineras auríferas.
- Investigaciones que realizaron la degradación del cianuro en otros medios como plantas, etc.	- Comparación de la degradación o remoción del contaminante en relación con otros tipos de microorganismos.
- Investigaciones que no superen los estándares o lmps aceptados.	- Investigaciones que realizaron la degradación del cianuro en suelos
- Investigaciones con datos insuficientes y artículos de opinión.	- Investigaciones que evalúen la efectividad de los microorganismos en comparación con otras técnicas de degradación o remoción.
- Investigaciones que superen los 5 años de actualidad (2016 -2021).	
- Duplicidad en las investigaciones.	

Luego de ser aplicados los criterios tanto en el título como en el resumen, se obtuvo como resultado una exclusión de 170 investigaciones, restando 32 investigaciones a ser evaluadas, tal como se presenta en la figura 1.

**TITULO: Revisión Sistemática y meta-análisis: Aplicación de microorganismos para la degradación de cianuro en las aguas residuales por actividades mineras auríferas**

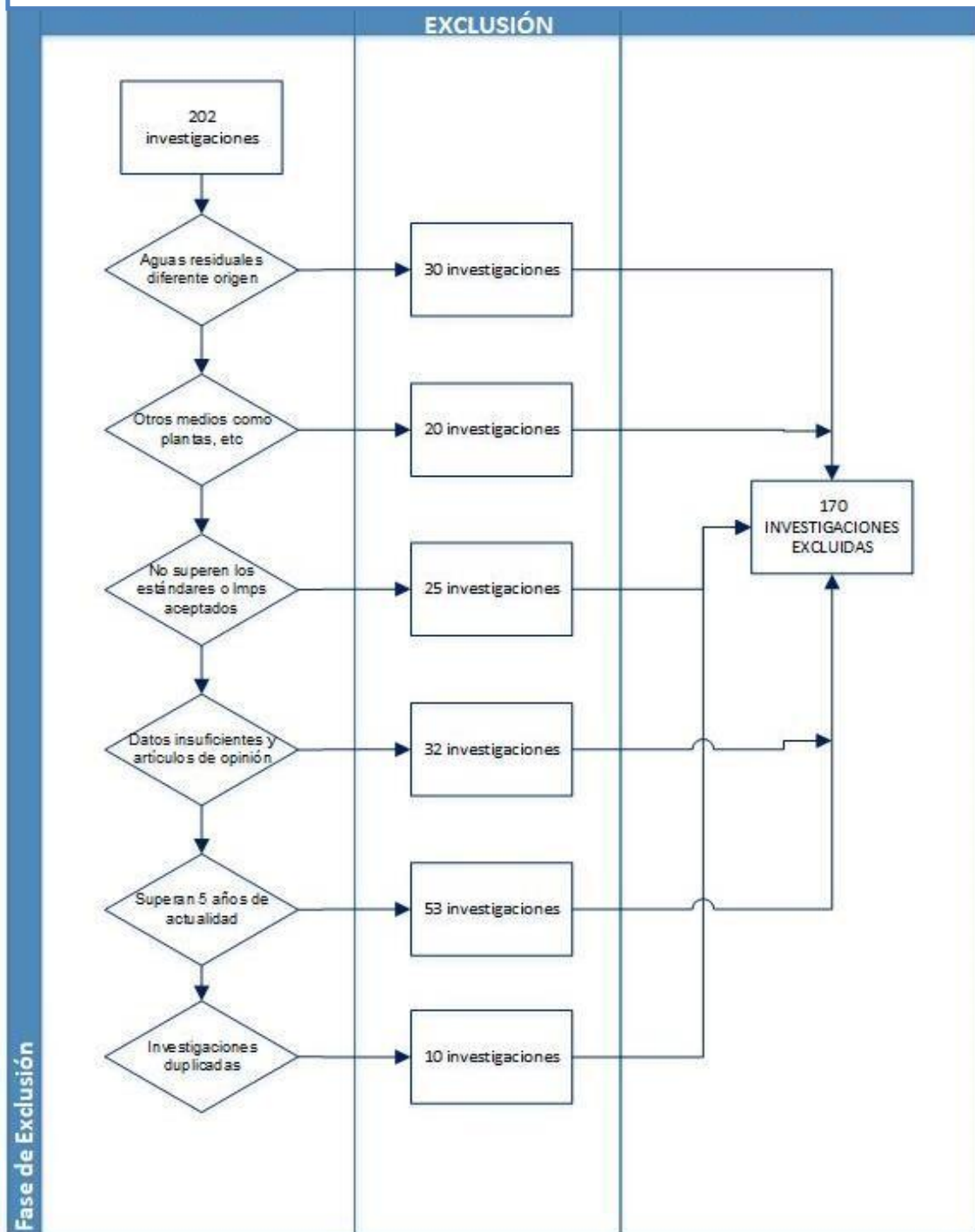


Figura 1. Proceso validación de criterios de exclusión para meta-análisis

Tal como se muestra, en la figura 1 se observa cómo se realizó el proceso de aplicación de criterios de exclusión para la selección de investigaciones. En base a ello, se excluyeron 30 investigaciones que analizaban aguas residuales de diferente

origen (industriales, domésticas), así como de diferentes cuerpos de agua (ríos, lagos, entre otros). También se excluyeron 20 investigaciones que realizaron la degradación del cianuro en otros medios como plantas. Asimismo, se excluyeron 25 investigaciones que no superaron los estándares o LMPS aceptados, 32 investigaciones con datos insuficientes y artículos de opinión.

Y finalmente, se excluyeron 53 investigaciones que superaron los 5 años de actualidad (2016 -2021) y 10 investigaciones por duplicidad. Quedando un total de 32 investigaciones a ser evaluadas en el texto completo para aplicar los criterios de inclusión (ver figura 2). En la figura 2, se aplica los criterios de inclusión para el proceso de selección de investigaciones de las 32 referentes resultantes, se les hizo lectura del texto completo para aplicar los criterios de inclusión; en dicho proceso, se encontraron investigaciones cuyos microorganismos que se pueden acostumar a la degradación del cianuro, en los suelos se pueden encontrar estos microorganismos que se buscan en las aguas residuales, razón por la cual este criterio se consideró para incluir nuevos referentes, dando un resultado de 18 investigaciones recolectadas.

En la tabla 6, se muestran las características de las 18 investigaciones seleccionadas para realizar el meta-análisis, donde se observó el ámbito geográfico, el % de degradación logrado, el tipo de microorganismo junto con las condiciones operacionales que muestran los estudios y por último los resultados alcanzados con sus respectivas conclusiones (ver tabla 6 en página 21). Por otro lado, al aplicar la Escala Newcastle-Ottawa se calificó de manera dicotómica por número de indicadores acertados respecto a todos los evaluados; se consideró como una investigación de alta calidad aquella que tuviera entre 6 a 7 afirmaciones; como investigaciones de calidad moderada las que estuvieron entre 5 y 3 afirmaciones y como investigaciones de calidad pobre entre 1 y 2 afirmaciones.

En base a esto, de las 18 investigaciones finales, se observó que solamente dos de ellas cumplieron con todos los criterios evaluados, por lo que se consideraron de alta calidad. Asimismo, se encontró a 7 investigaciones de calidad pobre y las 9 restantes de calidad moderada (ver tabla 7 en página 30).

**TITULO: Revisión sistemática y meta-análisis: Aplicación de microorganismos para la degradación de cianuro en las aguas residuales por actividades mineras auríferas**

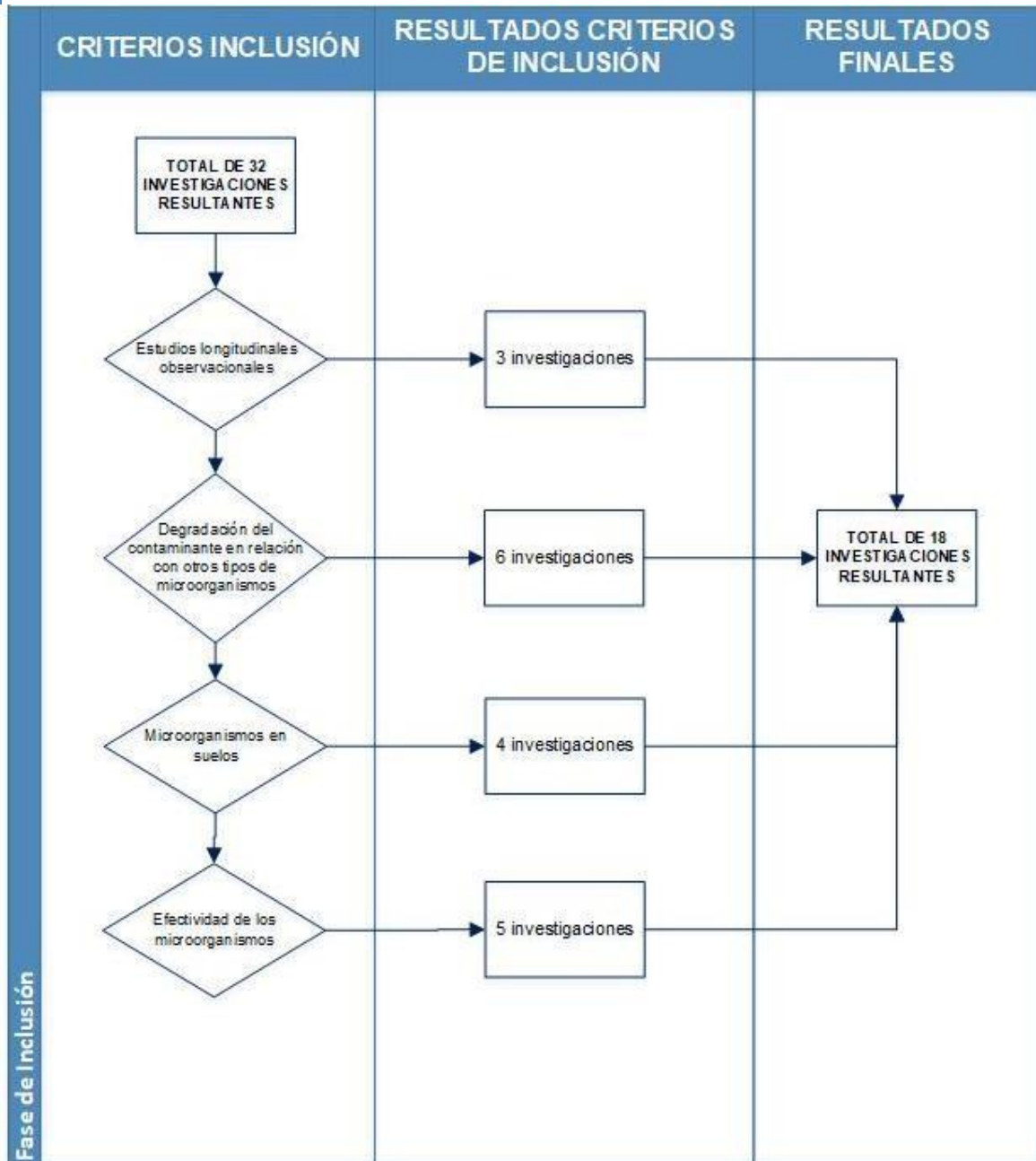


Figura 2. Proceso validación de criterios de inclusión para meta-análisis

**Tabla 6. Características de las investigaciones incluidas para el meta-análisis.**

Autor(es) del estudio	Ámbito geográfico	Degradación de CN <sup>-</sup> (%)	Tipo de microorganismo	Condiciones operacionales	Resultados	Conclusiones
Saavedra 2018	Perú, La Libertad	≥50%	LBIG20 Y LBIG26. bacterias Gram negativas	pH Temperatura (°C) Tiempo (h)	Para de la degradación de cianuro por los cultivos LBIG20 y LBIG26 se realizó la siembra en medio 9M a pH 10.5 a temperatura ambiente en agitación de 130 rpm por 5 días. En la biodegradación y el porcentaje de eficiencia de remoción del cianuro de sodio se obtuvo diferencia significativa entre las concentraciones (p<0.05)	Se logró el aislamiento de 40 cultivos bacterianos a partir de efluentes cianurados de la zona minea. Fueron capaces de desarrollar a pH 12 y 2 toleraron una concentración de 800 ppm de cianuro. Los cultivos bacterianos LBIG20 y LBIG26 mostraron degradación y porcentaje de eficiencia de remoción de cianuro de hasta un 50%
Morillo y Guevara 2015	Perú, Trujillo	pH=9,5: 32°(65%) y 36° (66%) pH=10 : 32°(41%) y 36°(42%) pH=10,5: 32°(21%) y 36°(20%)	Pseudomonas sp.	pH Temperatura (°C) Tiempo (h)	Se aisló e identificó un cultivo de Pseudomonas sp. procedente de las pozas de oxidación, con capacidad de degradar concentraciones de 1000 ppm de cianuro de sodio y tolerar un pH hasta de 10.5. Se obtuvo máxima degradación de cianuro por Pseudomonas sp. a 36°C/pH 9.5 (655ppm) y 32°C/ pH9.5(648 ppm) y mínima degradación a 36°C/ pH 10.5 (203 ppm).	Se aisló Pseudomonas sp. a partir de lodos activos de la planta de tratamiento de aguas residuales capaces de degradar cianuro de sodio y tolerar un pH de 10.5. La combinación de las temperaturas 32 y 36°C con los pH 9.5, 10, 10.5 influyen sobre la degradación de cianuro de sodio por Pseudomonas sp. Observándose máxima degradación al combinar las temperaturas 32 y 36°C con el pH 9.5 con valores de 648 y 655 ppm de cianuro de sodio degradado para cada combinación respectivamente. La mínima degradación de cianuro de sodio se obtuvo bajo el pH 10.5 con un valor de 312 ppm a 32°C y 203 ppm a 36°C.

Cornejo La Torre 2016	Perú, Tumbes	97 y 99% tras 15 días de tratamiento en laboratorio	Los géneros <i>Pseudomonas</i> , <i>Bacillus</i> y <i>Alcaligenes</i> los más abundantes	pH Temperatura (°C) Tiempo (h)	Las muestras de suelos y aguas contaminadas con cianuro presentan valores de concentraciones de CN extremadamente altos, respectivamente 21,5 y 132 ppm. Los valores de pH fueron elevados, respectivamente 8.79 y 11.59. Los microorganismos bacterianos aislables de muestras de suelos contaminado con cianuro más abundantes son <i>Pseudomonas</i> , <i>Bacillus</i> y <i>Acinetobacter</i> . El análisis estadístico mostró que cada uno de los tratamientos experimentales tiene efecto sobre el crecimiento de las cepas estudiadas, tanto individualmente como en consorcio. Los resultados mostraron que: los porcentajes de las cepas microbianas con la capacidad de multiplicarse a 25°C y 30°C es de 59.38% y 53.13% respectivamente; y la capacidad de las cepas analizadas para multiplicarse a pH 9.5 y 10.5 fue de 65.6% y 59.4% respectivamente	Se formularon tres consorcios bacterianos, de los cuales el consorcio denominado CBCN002 y conformado por 8 cepas pertenecientes a 3 géneros bacterianos mostró mayor eficiencia para degradar cianuro bajo diferentes condiciones. Se logró reducir aproximadamente el 97% del cianuro presente en ensayos de degradación a nivel de laboratorio y el 99% del cianuro presente en pozas de lixiviación en ensayos en campo, logrando llevar las concentraciones del cianuro, en ambos casos, por debajo de los límites máximos permisibles estipulados por la normativa nacional.
Copari Mamani 2019	Perú, Tacna	98,8 % en 60 horas	cepa <i>Klebsiella sp</i> <i>ALL-1</i>	pH Temperatura (°C) Tiempo (h)	Los resultados mostraron que la mayor tasa y eficiencia de biodegradación experimental por cepa <i>Klebsiella sp ALL-1</i> fueron 98 % y 98,8 % respectivamente en 60 horas, la temperatura no presentó significancia estadística, mientras que los factores pH y [CN-] fueron significativos estadísticamente. En la optimización del diseño se determinó que la cepa <i>Klebsiella sp ALL-1</i> bajo condiciones de pH 10,0 a una Temperatura de 30 °C, y [CN-] 200 ppm generó una biodegradación de cianuro del 99 %.	En la evaluación de biodegradación de cianuro libre por la cepa de <i>Klebsiella sp ALL-1</i> , generó como producto final amonio hasta 1,0 mg/L según la escala colorimétrica de amonio. •La máxima tasa y eficiencia de degradación experimental de cianuro por <i>Klebsiella sp ALL-1</i> fue de 98 % y 98,8 % en 60 horas respectivamente. •Los valores óptimos de temperatura, pH y concentración de cianuro fueron 30 °C; 10 de pH y 200 ppm respectivamente, para la máxima tasa de biodegradación de cianuro, estimada según el diseño de Box-Behnken con un 99 %.

Apaza-Aquino <i>et al</i> , 2021	Perú, Huaraz	La remoción de cianuro por el método biológico alcanza el 73; 7 % (Jumbo y Nieto, 2014 )	Entre los microorganismos que degradan el cianuro están: Streptococcus sp. (Cartagena, 2019), Pseudomonas fluorescens (Gordillo, 2018), Pseudomonas alcalófilas (Castillo y Vega, 2018), Pseudomonas pseudoalcaligenes (Zapata y Bermúdez, 2015), Klebsiella sp., (Copari et al., 2020).	pH Temperatura (°C) Tiempo (h)	La biodegradación del cianuro por las bacterias degradadoras de cianuro, se aíslan de las aguas residuales de la minería y de las aguas residuales que contienen tiocianato (Razanamahandry et al., 2019); también pueden ser aislados de casi de cualquier condición ambiental Sharma (2012). El potencial de la biorremediación depende de la existencia de una población de bacterias que degradan el cianuro, la disponibilidad del cianuro como contaminante y factores ambientales (Lovasoa et al., 2017): como el pH, temperatura, la toxicidad de los contaminantes (Baxter y Cummings, 2006) y oxígeno (Deloya, 2012). A partir de ello se puede desintoxicar el cianuro a niveles ambientalmente aceptables y en subproductos menos dañinos (Akcil y Mudder, 2003).	Hay una amplia diversidad de microorganismos que se pueden emplear como agentes biológicos potenciales para biorremediar el cianuro, entre las que sobresalen las del género de Pseudomonas y Bacillus. Trabajar con microorganismos resulta complicado si no se tiene experiencias preliminares principalmente por los factores que se debe tener en cuenta para lograr altas eficiencias como pH, temperatura, nutrientes, concentración de la biomasa y concentración de cianuro; por eso son importantes los procesos de acondicionamiento y adaptación de los microorganismos que se vayan a emplear con la finalidad de optimizar el proceso acorde a las condiciones propias del lugar de estudio.
Arévalo Soliz 2018	Ecuador, Cuenca	99.67%	Trichoderma spp	pH Temperatura (°C) Tiempo (h)	Mediante el análisis del valor de P se demuestra que las cepas son similares por lo que se realiza un análisis de tukey para determinar cual pertenece y cual no pertenece al género trichoderma; obteniéndose que todas las cepas están dentro de la misma categoría, lo que significa que todas estas son similares. Es decir que todas las cepas pertenecen al género Trichoderma. Mediante este trabajo experimental y los resultados obtenidos se toma la decisión de aceptar la hipótesis que establece "Si una cepa del hongo del genero Trichoderma tienen la capacidad de degradación de cianuro entonces podrían degradar residuos provenientes de la industria minera del cantón".	Todos los hongos aislados pertenecen al género Trichoderma. Los hongos del género Trichoderma sembrados en agar simple con cianuro en concentración de 300 ppm, presentaron un crecimiento tardío o nulo, en cambio los sembrados en PDA con cianuro en concentración de 300 ppm, presentaron un crecimiento mayor al 50 % en seis de las siete cepas. Mediante el análisis ANOVA unidireccional se demostró que las cepas poseen diferentes rendimientos en la degradación de cianuro. El análisis comparativo de Tukey indica que hay cinco agrupaciones, de baja degradación hasta un 25,9 % en la categoría A, media baja degradación hasta un 36,2 % en la categoría B, en una degradación media hasta un 67,1 % en la categoría C, en un rango medio alto la categoría D con un 76,6 % y en el máximo rango de degradación la categoría E con un 95,5 %.

Zapata 2020	Colombia	≤90%	diferentes grupos de bacterias del género <i>Pseudomona</i> sp	pH Temperatura (°C) Tiempo (h)	Las poblaciones microbianas son capaces de degradar cianuro (CN) con eficiencia. Si se comparan con tratamientos químicos, las bacterias son más eficientes porque no generan subproductos tóxicos. Las bacterias del género <i>Pseudomona pseudoalcaligenes</i> sp., <i>Pseudomonas fluorescens</i> sp. y <i>alcaligenes</i> sp., demostraron eficiencia superior al 90%.	Se consultó información relevante sobre los diferentes grupos de bacterias del género <i>Pseudomona</i> sp. debido a su eficiencia en la degradación de cianuro (CN) debido a que estos grupos de bacterias son capaces de usarlo como fuente de nitrógeno y carbono, metabolizándolo para obtener productos menos tóxicos, amoníaco y carbonato. La implementación de tratamientos biológicos es una herramienta útil, económica y asequible para procesos de recuperación de fuentes hídricas contaminadas con cianuro.
Mayorca 2018	Perú, Arequipa	74.3%	<i>Pseudomona</i> aeruginosa y <i>Escherichia coli</i>	pH Temperatura (°C) Tiempo (h)	Los valores iniciales del cianuro en dos muestras de agua fueron de 738.7 y 1352 mg/L. Para el tratamiento en un biorreactor se obtuvieron resultados favorables en las pruebas: Prueba 1, se redujo la concentración de cianuro hasta 38.98 mg/L, con un pH de 8.5, sólidos totales en suspensión a 6.3 mg/L, conductividad eléctrica a 8.43 mg/L y turbidez a 8.9. Se significa que la turbidez aumentó en el tratamiento a 16.9 mg/L, debido al aumento de la población microbiana. Prueba 2, disminuyó el cianuro hasta 418 mg/L a un pH de 8.9, sólidos totales en suspensión a 9.8 mg/L, oxígeno disuelto a 6.57 mg/L, conductividad eléctrica a 10.17 µS/cm y el incremento de la turbidez fue hasta 12.1. Para el agua los resultados fueron: pH 9.4, oxígeno disuelto 6.20 mg/L, Conductividad eléctrica 38.12 mg/L, DBO5 40.5 mg/L, Turbidez 11.5 con un 86.7% y sólidos totales en suspensión 45.5 mg/L de reducción del agua industrial contaminada.	Para concluir, El resultado indica que no hay diferencia significativa entre los tratamientos; esto significa que, tratar mediante la biopelícula <i>Pseudomona</i> son eficientes para la reducción del cianuro en el agua industrial. De igual importancia, para parámetros como: temperatura oxígeno disuelto, DBO y turbidez para comparar con la normativa D.S. N 004 2017 MINAM de la Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales, lo cual cumplen con lo requerido de los estándares de calidad (ECA).



Gordillo 2018	Colombia, Bogotá	Entre 91% y 99%	Pseudomonas fluorescens y Thiobacillus sp.	pH Temperatura (°C) Tiempo (h)	Teniendo presente que deben mantenerse condiciones óptimas de pH del suelo con valores entre 5.5 y 8.8, temperatura entre 15°C y 45 °C, humedad entre 25 y 28%, contenido de oxígeno menor a 10%, nutrientes principalmente fósforo y nitrógeno, tipo de suelo con bajo contenido de arcilla y sedimentos y un máximo de 2000 ppm de metales pesados. Los cuales afectarán los resultados de este y la capacidad de degradación. Utilizando Pseudomonas fluorescens con tiempo de proceso hasta de 3 días logrando porcentaje de remoción de hasta 60%. La empresa Homestake Mining Co en diferentes países puso en marcha procesos de biodegradación con eficiencias de remoción entre 91% y 95%. Pintail System Inc, logro reducir 46.6 ppm de cianuro a 0.2 ppm. Usando Thiobacillus sp, requiriendo entre 7 y 24 horas para llegar a un 99.9% de eficiencia en la remoción de cianuro.	Como consecuencia de la actividad minera, principalmente explotación de oro las características fisicoquímicas de suelos y aguas involucrados en el proceso se ven afectadas y alteradas por la presencia de cianuro como contaminante. El valor del pH se ve incrementado en poco porcentaje en los suelos y en aguas si presenta un aumento más significativo ya que pasa de neutro a básico, mientras que la temperatura en ninguno de los dos casos aumenta significativamente. Caso contrario a la concentración de cianuro el cual puede ser hasta 20 veces mayor en los suelos y más de 100 veces mayor en aguas al encontrado naturalmente allí, a lo cual se le suma presencia de elementos contaminantes como metales pesados.
Valenzuela 2017	Ecuador, Quito	90.75%	Cepas bacterianas con extracción de ADN: Proteobacteria (45.5%), Firmicutes (27,7%), Bacteroidetes (18,4), Cyanobacteria (9.09%).	pH Temperatura (°C) Tiempo (h)	Los resultados demostraron que existe una reducción significativa en los niveles de Cianuro y Mercurio, con un porcentaje de reducción para el Cianuro de 90,75 % y para el Mercurio de 82%.	Diferentes tratamientos normalmente utilizados para la reducción de cianuro, son eficientes pero su costo es elevado, al finalizar la investigación se pudo concluir que la utilización de tratamientos microbianos también es efectiva y puede reducir grandes cantidades de Cianuro, además que esta resulta ser económica. Los parámetros físico químicos del análisis de calidad de agua, corresponden a un ecosistema léntico, con turbidez que sobrepasa el límite máximo permisible, además el agua posee un pH ligeramente alcalino que se mantuvo desde el inicio hasta el final de la investigación.
Cartagena 2019	Colombia, Medellín	97	microorganismos liofilizados	pH Temperatura (°C) Tiempo (h)	Sobre las investigaciones que permitieron identificar los procesos	La literatura revisada, muestra limitantes en lo concerniente a los parámetros de

		97	pseudomona sp		<p>biorremediadores utilizados para el tratamiento de estas aguas, producto de la explotación minera aurífera, mostraron que algunas bacterias, (<i>seudomonas</i>, <i>cianobacterias</i>) y algunas especies de plantas, [lenteja de agua (<i>lemna minor</i>), Jacinto de agua (<i>eichornia crassipes</i>) y Elodea (<i>elodea canadiensis</i>)], tienen alta eficiencia para remover el mercurio, y degradar el cianuro, existentes en los efluentes mineros originados en las diferentes etapas a las que se somete el mineral para la obtención del metal.</p>	<p>medición establecidos a las cargas contaminantes de cianuro y/o mercurio antes del tratamiento del caudal de agua y después del mismo lo que dificulta cuantificar el beneficio económico, ambiental y social de la aplicación de los métodos biorremediadores.</p>
		92	pseudomonas fluorescens			
		91	streptococcus sp			
		86.3	bacillus sp			
		97	microorganismos nativos y pseudomonas pseudoalcaligenes			
Gutierrez 2018	Perú	91	Micrococcus sp	<p>pH Temperatura (°C) Tiempo (h)</p>	<p>Los ensayos de degradación de cianuro en el laboratorio mostraron una capacidad para degradadora para <i>Micrococcus sp</i> en 9 ppm (91 %) y <i>Corynebacterium sp</i> 50 ppm (50 %) respectivamente en un periodo de 10 días a 100 mg/L CN a temperatura ambiente, pH 9,5 en biorreactores aireados 1,8 VVM. Es importante considerar que las bacterias en estudio solo puedan degradar ese porcentaje de cianuro, teniendo en cuenta que así puede tolerar el resto sin afectar su supervivencia.</p>	<p>Se aislaron 12 cepas bacterianas de ambientes mineros Se identificó la cepa N°7 (<i>Micrococcus sp</i>) y la cepa N°12 (<i>Corynebacterium sp</i>), mediante pruebas bioquímicas, las cuales obtuvieron un mejor rendimiento en la tolerancia de cianuro. <i>Micrococcus sp</i> obtuvo un 91 % en la degradación de cianuro a diferencia de <i>Corynebacterium sp</i> que obtuvo un 50 % en la degradación de cianuro, teniendo a <i>Micrococcus sp</i> como la cepa bacteriana con mayor capacidad degradadora de cianuro a 100 ppm.</p>
		50	Corynebacterium sp			
Zapata y Bermúdez 2016	Colombia, Bogotá	96%	Pseudomonas fluorescens, Pseudomonas alcaligenes, Acinetobacter, Enterobacter y Bacillus	<p>pH Temperatura (°C) Tiempo (h)</p>	<p>Es un tratamiento muy económico y con una alta eficiencia frente a tratamiento químicos que pueden tener el mismo rendimiento, además analiza la capacidad de degradación biológica de diferentes géneros de bacterias. Algunos contaminantes resultan ser resistentes a la técnica empleada. La bacteria del género pseudomona requiere especial precaución dada su facilidad de propagación.</p>	<p>En relación con los diferentes tipos de biorremediación se determinó que las <i>Pseudomonas fluorescens</i>, posee una alta capacidad de degradación siendo la opción más adecuada para el tratamiento de aguas contaminadas con cianuro. Entre los diferentes resultados de las aplicaciones de estos microorganismos se encontró una viabilidad importante frente a los métodos de remediación biológicos, siendo la mejor alternativa para biodegradar los compuestos contaminantes presentes en aguas residuales industriales.</p>

Quispealaya y Zárate 2020	Perú, Huancayo	98.81	Citrobacter Freundii y Pseudomonas Aeruginosa	pH Temperatura (°C) Tiempo (h)	Se observó en la interacción tanto de la Pseudomona Aeruginosa como la Citrobacter Freundii con el Cloruro de magnesio (MgCl <sub>2</sub> ). Se vio necesario interactuar la bacteria con los compuestos inorgánicos para mejorar el porcentaje de degradación de cianuro. Para la evaluación del efecto de las bacterias y compuestos inorgánicos se utilizó el método de titulación por volumetría del cual obtuvimos un porcentaje de degradación de 98.81% con la Pseudomona Aeruginosa	Se determinó que la bacteria que mejor interactúa es la Pseudomona Aeruginosa (10 colonias de esta bacteria) conjuntamente con los 3 compuestos inorgánicos (CaCO <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> PO <sub>3</sub> y MgCl <sub>2</sub> cada una de ellas con una concentración del 0.05gr/ml de relave), alcanzando un porcentaje de degradación del 98.81% (830 ppm de 840 ppm) del cianuro presente en el relave tratado. La solución cianurada resultante de la degradación no se encuentra dentro de los límites máximos permisibles emitidos por MINAM, que debe ser menor a 1ppm de Cianuro y un pH entre el rango de [5,5 - 10,5]; para el caso del pH se logró alcanzar estos límites con un pH de 7,4.
Sernaque <i>et al</i> 2019	Perú	99	Pseudomonas, Bacillus y Acinetobacter Firmicutes y Actinobacterias	pH Temperatura (°C) Tiempo (h)	En las muestras suelo evaluadas la concentración de cianuro fue de 23.01 mg/L y 21.5 mg/L en dos puntos muestreados, mientras que en el resto de muestras de suelo las concentraciones fueron de 13.03mg/L, 5.2mg/L y 1.49mg/L. Por otro lado, la muestra de agua presentó una concentración de cianuro de 132 mg/L y un pH de 11.59. Los valores de pH obtenidos de las muestras de suelo se encontraron en un rango de 6 – 10. El estudio a nivel molecular de muestras de pozas de lixiviación permitió identificar cepas como Pseudomonas, Bacillus, Acinetobacter en mayor proporción. En las muestras de agua contaminados con cianuro 17 filos fueron identificados, siendo Firmicutes (59.16%), Actinobacteria (38.99%) los filos con mayor abundancia.	El presente estudio muestra la diversidad bacteriana cultivable y no cultivable presente en zonas contaminadas con cianuro producto de la actividad minera en la región La Libertad, conocimiento que coadyuvara a la implementación de técnicas de tratamiento en zonas afectadas por la actividad minera en nuestro país.

Alvillo <i>et al</i> 2021	México	97	Pseudomonas fluorescens, Pseudomonas pseudoalcaligenes, Pseudomonas stutzeri, Bacillus pumillus, Corynebacterium, Brevibacterium, Klebsiella, Arthrobacter	pH Temperatura (°C) Tiempo (h)	Como resultado, se han desarrollado estrategias convencionales (físico-químicas) para reducir la contaminación de los relaves, sin embargo, estos tienen altos costos operativos y generan subproductos no deseados. Por esta razón, los estudios han comenzado a enfocarse en estrategias no convencionales para tratar cianuro libre y complejos de cianuro como hongos, consorcios bacterianos y bacterias puras. Estos son importantes debido a los mecanismos involucrados en la degradación o modificación de contaminantes a niveles de pH neutros a altos, que convierten los contaminantes en productos no peligrosos. La capacidad de los microorganismos para crecer a un pH alcalino evita la volatilización del HCN.	El uso de bacterias que estén aclimatadas al contaminante es una alternativa atractiva dado que la reproducción es económica y fácil de realizar, y dado que la capacidad de biotransformación es lo suficientemente buena como para permitir la conversión del cianuro en compuestos menos tóxicos. Es importante mencionar que los rangos de temperatura entre 20 y 40 C, las condiciones aeróbicas y los niveles de pH neutro o alcalino son las condiciones óptimas de funcionamiento cuando se utilizan microorganismos para tratar el cianuro.
Javaheri Safa <i>et al</i> 2017	Irán	86	Bacillus sp	pH Temperatura (°C) Tiempo (h)	Antes de la optimización, la degradación del cianuro por Bacillus sp. M01 PTCC 1908 fue del 36,7% a una concentración inicial de cianuro de 10 mM. Después de la optimización, el porcentaje de degradación se incrementó al 86,4%. No hubo diferencia significativa entre los valores predichos y experimentales, lo que implica que los datos obtenidos son confiables. La eficiencia de la biodegradación del cianuro está influenciada por el efecto de la temperatura y la velocidad de agitación, así como la temperatura y la cantidad de inoculación. Se empleó la prueba t de una muestra para confirmar los resultados obtenidos de RSM.	En esta investigación, de acuerdo con los resultados obtenidos de Plackett-Burman, RSM, ANOVA de una vía y prueba t de una muestra, el porcentaje promedio de biodegradación de cianuro usando Bacillus sp. M01 PTCC 1908 se incrementó 2,35 veces. Este estudio informó que si se aseguran los puntos óptimos de temperatura de 44 ° C, la velocidad de agitación de 130 rpm y la cantidad de inoculación de 4.04%, se observa una tasa máxima de biodegradación

Calixto <i>et al</i> 2020	Perú, Trujillo	24.732	Halomonas sp JM1 y JM3,	pH Temperatura (°C) Tiempo (h)	Se seleccionaron dos cultivos microbianos denominados JM1 y JM3, con una resistencia hasta 800 ppm NaCN. Los resultados de los ensayos de biodegradación del CN- por JM1 y JM3 mostraron una eficiencia de remoción del 24,732% ± 1,210 y 33,996% ± 1,335, respectivamente, a una concentración inicial de 150 ppm y tolerantes a pH 10,5 ± 0,2 por un tiempo de 7 días, a diferencia del control que no tenía inóculo microbiano y en condiciones de incubación similares. Por lo tanto, la biodegradación del CN- se confirma mediante la reducción del cianuro en el medio debido a la acción de los microorganismos, a su vez que JM1 y JM3 mostraron un incremento de biomasa celular de OD <sub>625</sub> a 0,786 y 0,727, respectivamente.	Se aislaron dos nuevas cepas JM1 y JM3, a partir de efluentes cianurados de una minería artesanal, identificadas como <i>Halomonas spp.</i> y mostraron una eficiencia de remoción del 24,732 % y 33,996% respectivamente, a 23°C en 130 rpm durante 7 días. JM1 y JM3 presentaron una tolerancia hasta 800 ppm de cianuro. Por lo tanto, las cepas JM1 y JM3 por su capacidad de biodegradativa y tolerancia al cianuro, amplía las oportunidades de su aplicación en biorremediación de entornos contaminados con cianuro en el Perú.
		33.996				

**Tabla 7. Escala Newcastle Ottawa**

Autor(es) del estudio	Selección			Resultados		Datos específicos	
	Representación	Efectividad	Caracterización	Porcentaje de remoción	Condiciones de aplicación	Toxicidad	Seguimiento
Saavedra Flores 2018	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI
Morillo y Guevara 2015	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI
Cornejo La Torre 2016	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI
Copari Mamani 2019	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI
Apaza-Aquino <i>et al.</i> 2021	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO
Arévalo Soliz 2018	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI
Zapata 2020	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO
Mayorca 2018	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Gordillo 2018	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO
Valenzuela 2017	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Cartagena 2019	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO
Gutiérrez 2018	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO
Zapata y Bermúdez 2016	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI
Quispealaya y Zárate 2020	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO
Sernaque, <i>et al.</i> 2019	SI	SI	NO	SI	SI	SI	NO
Alvillo <i>et al.</i> 2021	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI
Javaheri Safa <i>et al.</i> 2017	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI
Calixto <i>et al.</i> 2020	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI

Como parte de los resultados del proceso que se realizó en esta revisión sistemática, se encontró que las 18 investigaciones que se filtraron al aplicar la escala Newcastle-Ottawa, sólo 11 de ellas cumplieron con todos o casi todos los indicadores de evaluación para desarrollar el estudio del meta-análisis; observando que sólo dos de ellas fueron de alta calidad, las investigaciones de Mayorca (2018) y Valenzuela (2017), y 9 investigaciones de calidad moderada, con lo que se pudo dar respuesta a los objetivos de la investigación. En ese sentido, se encontró que estas investigaciones se realizaron entre los años 2015 y 2021; la mayoría de ellas se realizaron en diferentes departamentos de Perú; se encontró también que la eficiencia en la degradación estuvo en un rango entre 65% y 99%, siendo 96% el valor porcentual promedio en la eficiencia de degradación que más se repite.

Por otro lado, se encontró que hubo varios tipos de microorganismos con el fin de degradar el cianuro en las aguas residuales, entre los que destacaron *Pseudomonas* en diferentes variantes (*sp*, *fluorecens*, *alcaligenes*, *aeruginosas*) en las investigaciones de Morillo y Guevara (2015), Cornejo La Torre (2016), Mayorca (2018), Zapata y Bermúdez (2016) y Alvillo *et al.* (2021). Otro de los microorganismos encontrados fue *Bacillus*, en las investigaciones de Cornejo La Torre (2016), Zapata y Bermúdez (2016), Alvillo *et al.* (2021) y Javaheri Safa *et al.* (2017). Finalmente, se encontraron otros tipos de microorganismos como *Klebsiella sp*, en las investigaciones de Copari Mamani (2019) y Alvillo *et al.* (2021) (ver Tabla 9 en página 33).

En cuanto a las condiciones de hábitat de los microorganismos (ver tabla 10 en página 35), se encontró que hubo investigaciones cuya concentración máxima tolerable de CN final fue entre 1352 mg/L en Mayorca (2018), también hubo concentraciones de 1000 mg/L en Morillo y Guevara (2015), siendo las de menor concentración 21,5 mg/L y 132 mg/L en Cornejo La Torre (2016) seguido de 173 mg/L en Valenzuela (2017) y por último en Alvillo *et al.* (2021) con concentraciones máximas de 250 mg/L. Asimismo, se encontró que dentro de estos rangos los estudios finalmente utilizaron concentraciones que variaron entre 342 mg/L y 352 mg/L, esto se visualizó en Mayorca (2018) y Morillo y Guevara (2015). Los estudios que utilizaron concentraciones más bajas fueron Arévalo Solis (2018), de 3,5 mg/L y 4 mg/L en Copari Mamani (2019) y Cornejo La Torre (2016).

Continuando con la evaluación de las condiciones operacionales de los estudios, se encontró que la temperatura fue un factor resaltante, esta varió entre 20°C y 120°C, siendo los 30°C la temperatura que más predominó encontrada en los estudios de Saavedra Flores (2018), Copari Mamani (2019), Calixto et al. (2020), Alvillo et al (2021) y Cornejo La Torre (2016). Aunado a ello, se encontró que el pH del agua varió entre 7 y 11 lo que implica una alcalinidad moderada de agua, siendo los valores más encontrados 9 de pH en los estudios de Morillo y Guevara (2015), Mayorca (2018) y Zapata y Bermúdez (2016) y un pH 10,5 en los estudios de Cornejo La Torre (2016), Copari Mamani (2019) y Alvillo et al. (2021).



**Tabla 8. Microorganismos aplicados en tratamiento de aguas residuales**

Autor(es) del estudio	Microorganismo 1	Microorganismo 2	Microorganismo 3	Microorganismo 4	Microorganismo 5	Microorganismo 6	Observaciones
Saavedra Flores 2018	LBIG20	LBIG26	-	-	-	-	Aislamiento de los cultivos nativos a partir de los efluentes cianurados, zona minera artesanal, Huamachuco - La Libertad
Morillo y Guevara 2015	Pseudomonas sp.	-	-	-	-	-	Aislada a partir de lodos activos de la planta de tratamiento de aguas residuales de Covicorti-Trujillo (Perú)
Cornejo La Torre 2016	Pseudomonas	Bacillus	Alcaligenes	-	-	-	Sembradas en medio agar (TSA y Cetrimide) incubadas a temperatura ambiente durante 24 - 48 horas. Las cepas fueron conservadas a -20°C empleando glicerol 15% como crioprotector.
Copari Mamani 2019	Klebsiella sp ALL-1	-	-	-	-	-	La cepa de <i>Klebsiella sp ALL-1</i> creció hasta 1,1 x 10 <sup>7</sup> bacterias/mL, a un pH 11 en medio mineral 9M
Arévalo Soliz 2018	Trichoderma spp	-	-	-	-	-	Se colocan los arrozos de coloración verde y con ligero olor a coco, se observa el crecimiento por siete días luego se procede a trasplantar en un nuevo medio de cultivo y se coloca en una estufa a 26,5 °C durante seis días, con la precaución que crezca únicamente el hongo de interés.
Mayorca 2018	Pseudomona aeruginosa	Escherichia colí	-	-	-	-	Aislaron dos tipos de microorganismos aerobios; de los cuales cuentan con una capacidad de formar biopelículas en medios de soportes o superficies
Valenzuela 2017	Proteobacteria	Firmicutes	Bacteroidetes	Cyanobacteria	-	-	Las cepas bacterianas fueron incubadas a 35°C por un lapsus de 24 horas, esto para su posterior utilidad en la obtención de bacterias y también en el proceso de extracción de ADN.
Zapata y Bermúdez 2016	Pseudomonas fluorescens	Pseudomonas alcaligenes,	Acinetobacter	Enterobacter	Bacillus	-	

Alvillo <i>et al</i> 2021	<i>Pseudomonas</i>	Bacillus	Klebsiella sp	-	-	-	
Javaheri Safa <i>et al</i> 2017	Bacillus sp	-	-	-	-	-	En este estudio, se aislaron bacterias que degradan el cianuro de las aguas residuales contaminadas con cianuro y del suelo de la mina de oro Muteh.
Calixto <i>et al</i> 2020	Halomonas sp JM1 y JM3,	-	-	-	-	-	Se enriqueció 5 ml de efluentes cianurados en 45 ml de caldo nutritivo: peptona (5,0 g/L); cloruro de sodio (8,0 g/L) y extracto de carne (3,0 g/L) a pH 10 con una solución de NaOH 1 N y se incubó a 30°C por 4 días.

**Tabla 9. Condiciones de hábitat de los microorganismos**

Autor(es) del estudio	Concentración final mg/L	Temperatura de incubación (°C)	pH	Tiempo de incubación (h)	Concentración máx tolerable de CN <sup>-</sup> mg/L	Observaciones
Saavedra Flores 2018	24.5	30	10	24 a 48	800	Se utilizó agitación a 130 rpm
Morillo y Guevara 2015	345 - 352	42	9	48	1000	La comprobación de la pureza del cultivo de Pseudomonassp. se realizó mediante crecimiento en agar Mac Conkey e identificación bioquímica usando pruebas tales como: TSI, LIA, SIM, citrato, indol, oxidasa y catalasa
Cornejo La Torre 2016	3,5 - 4	20 a 40	9,5 a 10,5	24 a 48	21,5 y 132	En medio agar (TSA y Cetrimide) Las cepas fueron conservadas a -20°C empleando glicerol 15% como crioprotector.
Copari Mamani 2019	4	30	10.5	48	450	Usando un medio mineral (9M) cianurado
Arévalo Soliz 2018	1	120	-	144	300	Medios de cultivo con agar simple como base, glucosa como fuente de carbono y cianuro como fuente de carbono - nitrógeno
Mayorca 2018	342	24.5	9	48	1352	
Valenzuela 2017	54,67 mg/L	35	9.4	24 - 72	173	Transcurrido el tiempo de incubación las cepas bacterianas fueron aisladas en placas Petri preparadas con agar nutritivo (Nutrient Agar) LAB 008, y mediante el método de siembra de agotamiento por estrías se distribuyó por toda la superficie de la placa las bacterias obtenidas, a partir de este paso podemos obtener las colonias. Una vez realizada la siembra, las placas Petri fueron incubadas a 35° C por 72 horas. Mejor tratamiento la bioaumentación

Zapata y Bermúdez 2016	96	26	9	72	400	Recopilación bibliográfica. El reactor biológico rotatorio es un nuevo sistema de tratamiento biológico que maneja procesos microbianos con pseudomonas eficientes a la hora de remover cianuro, además de ser resistentes frente a sustancias contaminantes Compuestos cianurados, metales pesados y condiciones ambientales adversas, tales como pH ácido o alcalino, temperatura y concentraciones altas de sustancias tóxicas e inhibitoras.
Alvillo <i>et al.</i> 2021	7.5	30 C para las bacterias, 43 C para los hongos y 40 C para las plantas	5,2 a 10,5 para bacterias, 6 a 8,5 para hongos y 12 para plantas	160	250	180 rpm y 400 mL/min de O <sub>2</sub>
Javaheri Safa <i>et al.</i> 2017	88.7	44	9.88	72	651.2	130 rpm y 4,04% de cantidad de inoculación
Calixto <i>et al.</i> 2020	24,732 y 33,996	30	10	96	800	Se prepararon 100 ml del medio 9M a pH 10,5, con una concentración inicial de 150 ppm (CN)- y se esterilizó por filtración a 0,2 µm. Se inoculó al 12 x 10 <sup>8</sup> UFC/ml del cultivo puro aislado de 24 h de crecimiento. Se incubaron a 23 °C y por 130 rpm a 7 días. Se realizó 5 repeticiones y dos controles.

Al evaluar las características fisicoquímicas de las aguas residuales se encontró, la mayoría de ellas provinieron de efluentes cianurados de la minería, entre estudios están Saavedra Flores (2018) y Calixto et al. (2020); y de aguas residuales mineras, industriales y relaves en estudios como los de Morillo y Guevara (2015), Cornejo La Torre (2016), Copari Mamani (2019), Arévalo Soliz (2018), Mayorca (2018) y Alvillo et al. (2021). Los estudios no indicaron un color del agua, sólo Saavedra Flores (2018) indicó que el color del agua era amarillento. Sólo tres estudios indicaron que la turbidez del agua era de 90 NTU en Mayorca (2018), en Valenzuela (2017) la turbidez fue de 69.35 NTU y en Alvillo et al. (2021) en 46 NTU (ver Tabla 11 en página 38).

Otras características fisicoquímicas que se encontraron en las agua residuales (ver tabla 11), están en el estudio de Mayorca (2018) donde el OD: 1 mg/L, Solidos totales superiores: 70 mg/L; en el estudio de Javahery Safa et al. (2017), se encontraron puntos óptimos de temperatura de 44°C, la velocidad de agitación de 130 rpm y la cantidad de inoculación de 4.04%; del mismo modo el estudio de Alvillo et al. (2021) se encontró los rangos de temperatura entre 20°C y 40°C, también que las condiciones aeróbicas fueron TDS 11,202 mg/L. Finalmente, en el estudio de Calixto et al. (2020) se encontró que la reducción de cianuro en el medio ambiente se confirma mediante la biodegradación del CN- debido a la intervención de los microorganismos, al mismo tiempo que JM1 y JM3 presentaron 0,625 a 0,786 y 0,727, respectivamente de incremento de biomasa celular

**Tabla 10. Características fisicoquímicas de muestras de aguas residuales**

Autor(es) del estudio	Procedencia de la muestra	Color	Concentración final CN- mg/L	Concentración CN- mg/L	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)	Conductividad Eléctrica (µS/cm)	Otros
Saavedra Flores 2018	Efluentes cianurados de la minería artesanal de la localidad de Cerro El Toro de la provincia de Huamachuco - La Libertad	Amarillo	24.5	800	-	-	12 a 12,5	-	-	
Morillo y Guevara 2015	Aguas residuales de Covicorti- Trujillo (Perú),	-	345 - 352	1000	-	-	10.5	-	-	
Cornejo La Torre 2016	Agua contaminadas con cianuro producto de la actividad minera en la Región La Libertad	-	3,5 - 4	132	-	-	11.59	-	-	
Copari Mamani 2019	Aguas residuales de Magollo, localizada en la Región de Tacna	-	4	450	-	-	10	-	-	
Arévalo Soliz 2018	Cianuro proveniente de la industria minera del cantón Cuenca (suelo)	-	1	300	-	-	-	-	-	
Mayorca 2018	Agua industrial de la planta de desorción de metales; proceso de lixiviación para obtener el oro de la localidad de Chala y departamento de Arequipa al sur del Perú.	-	342	1352	-	70	13.4	90	60	OD: 1 mg/L Sólidos totales Sup: 70 mg/L
Valenzuela 2017	Las muestras de agua fueron tomadas directamente en la piscina lugar que almacena actualmente las descargas de la empresa AIC	441 UC	104,67 Oxigenación o Burbujeo, 79, 67 en Estimulación y 54,67 en Bioaumentación	173	297	86	Inicial 9,39 Final 8,8	69.35	1699	Mercurio: Inicial 0,048 mg/L Final: 0,0102 por oxigenación, 0,0073 por bioaumentación y 0,027 por estimulación

Zapata y Bermúdez 2016	Agua residual industrial	-	-	400	-	-	9	-	-	-
Alvillo <i>et al</i> 2021	Aguas residuales mineras y relaves	-	7.5	250	-	-	neutro o alcalino	46	-	Los rangos de temperatura entre 20 y 40 C. Las condiciones aeróbicas. TDS:11,202 mg/L
Javaheri Safa <i>et al</i> 2017	Aguas residuales contaminadas con cianuro y del suelo de la mina de oro Muteh.	-	88.7	651.2	-	-	9.88	-	-	Puntos óptimos: temperatura de 44 ° C, la velocidad de agitación de 130 rpm y la cantidad de inoculación de 4.04%,
Calixto <i>et al</i> 2020	De efluentes cianurados de las pozas de remediación de una minería artesanal de la localidad de La Libertad, Perú	-	37.09	150	-	-	12	-	-	La biodegradación del CN- se confirma mediante la reducción del cianuro en el medio debido a la acción de los microorganismos, a su vez que JM1 y JM3 mostraron un incremento de biomasa celular de 0, 625 a 0,786 y 0,727 respectivamente.

## Meta-análisis

En la tabla 11, se muestra el seguimiento del porcentaje de degradación del cianuro en las once (11) investigaciones seleccionadas para el estudio del meta-análisis, con los datos que permitieron evaluar la influencia de la concentración de cianuro en el proceso de degradación de cianuro a través de la técnica aplicada.

**Tabla 11.** Seguimiento del porcentaje de cianuro

Autor(es) del estudio	C1 (mg/L)	C2 (mg/L)	% degradación de CN	
			C1	C2
Saavedra Flores 2018	50	100	51	25
Morillo y Guevara 2015	345	352	66	65
Cornejo La Torre 2016	25	50	85,3	69,7
Copari Mamani 2019	200	300	98	94,67
Arévalo Soliz 2018	13,4	70,1	95,53	76,63
Mayorca 2018	738,7	1352	94,72	69
Valenzuela 2017	54,67	104,67	68,4	39,5
Zapata y Bermúdez 2016	100	400	96	90
Alvillo <i>et al</i> 2021	100	1000	96	56
Javaheri Safa <i>et al</i> 2017	200	500	96,69	84,5
Calixto <i>et al</i> 2020	50	150	33,996	24,732

La figura 3, muestra el diagrama forestal con los resultados que arrojó el meta-análisis cuando se evaluaron dos concentraciones específicas utilizadas en cada una de las investigaciones estudiadas, siendo C1 (bajas concentraciones) y C2 (altas concentraciones) para así evaluar su influencia en la degradación de cianuro.



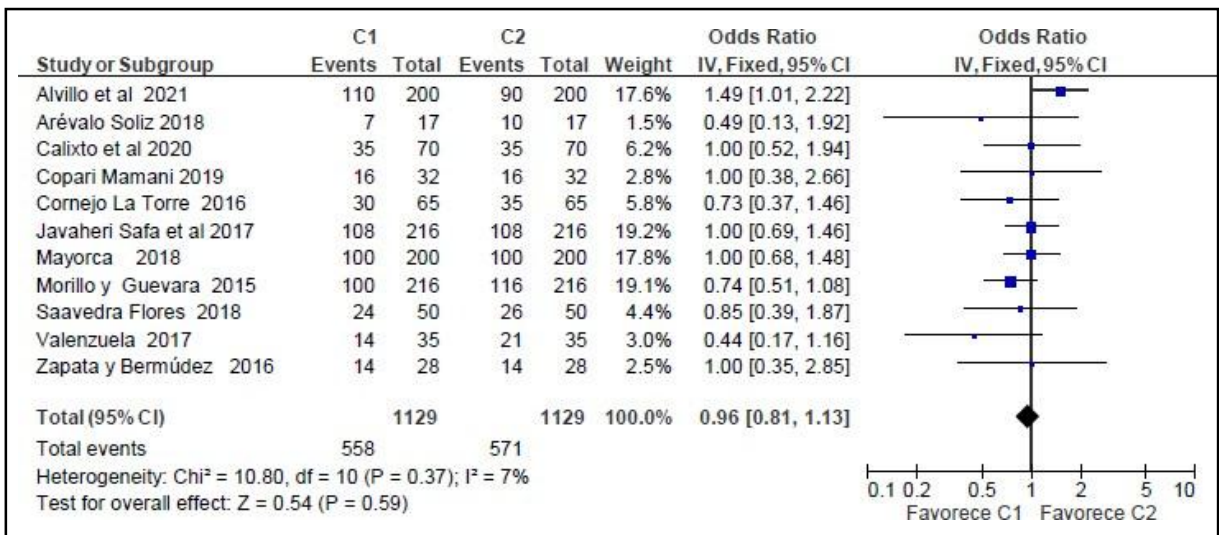


Figura 3. Concentraciones de CN para degradación por microorganismos

En la figura 3, se observa que los estudios usaron dos tipos de concentraciones con el fin de degradar el cianuro en las aguas residuales favoreciendo a la concentración uno (C1) sobre la concentración dos (C2). Se observa, como resultado de  $I^2 = 7\%$  que los estudios presentan un alto grado de homogeneidad, conforme a lo establecido en la tabla 3 en cuyo rango para el análisis se indica que al estar entre 0% y 40% podría no ser tan importante la heterogeneidad de los estudios. Del mismo modo, se observa que los estudios que tuvieron más peso para arrojar los resultados fueron Alvillo et al. (2021) con 17.6%, Javaheri Safa et al. (2017) con 19.2%, Mayorca (2018) con 17.8% y Morillo y Guevara (2015) con 19.1%, siendo este último junto al estudio de Javaheri Safa et al. (2017) quienes arrojaron el porcentaje más alto de todos los estudios, 19.1% y 19.2% respectivamente.

Estos valores porcentuales de peso en estos cuatro estudios, son los que prácticamente inclinaron la balanza para favorecer a la concentración uno (C1) con la degradación de cianuro en aguas residuales. Esto se debe, a que al evaluar el odds ratio bajo un 95% de error, estos estudios presentaron un odds ratio más cercanos a 1, en un rango de 0.74 a 1.49, lo que para la concentración 2 no se resultó así. Puesto que, el odds ratio evalúa el efecto del tratamiento (protección o riesgo) en una población en base a los presentes intervalos:

- Odds < 1: El tratamiento se aplica mejor a menores concentraciones

- Odds > 1: El tratamiento se aplica mejor mayores concentraciones
- Odds = 1: El tratamiento no presenta ninguna variación con las concentraciones

También se puede observar en la figura 3, que el valor final o total de odd ratio es de 0.96 en un rango de 0.81 a 1.13, esto se interpreta como que el porcentaje del tratamiento aplicado a la degradación del cianuro para la concentración 1 (que representan las menores concentraciones en cada investigación) mostró un 96% favorable con respecto a la concentración 2 (que representan las mayores concentraciones en cada investigación), ya que sólo logró un valor porcentual de 4, tal como se indicó en la tabla 12.

### **Análisis de los resultados realizado en Excel**

Se presentan, un conjunto de figuras donde se observan los resultados de las investigaciones utilizadas en el meta-análisis a través de gráficos comparativos por Excel, para así verificar el porcentaje de degradación de cianuro con los microorganismos encontrados en las investigaciones.

En la figura 4, se exhibe el comportamiento de las concentraciones 1 y 2 utilizadas para los tratamientos con microorganismos empleados para degradar el cianuro, donde se presenta que las concentraciones más altas utilizadas en las investigaciones fue las empleadas por Mayorca (2018), siendo 738,7 mg/L para C1 y 1342 mg/L para la C2. Se observó, que C1 representa las menores concentraciones utilizadas en las investigaciones, mientras que C2 muestran las mayores concentraciones empleadas para los referidos tratamientos.

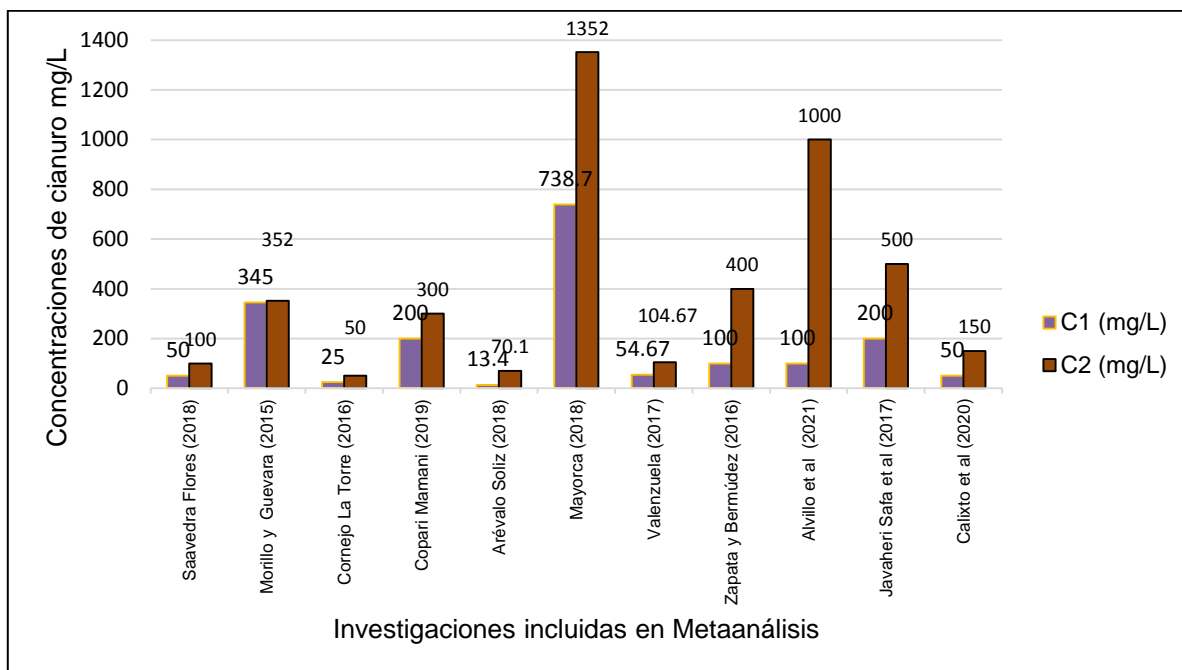


Figura 4. Concentraciones 1 y 2 para tratamientos de degradación de cianuro

Como puede observarse, la figura 5 muestra los diferentes porcentajes de degradación para el cianuro obtenidos para las C1 y C2 de las investigaciones involucradas en el meta-análisis. Es importante resaltar que, para todos los tratamientos, sin importar que concentración se utilizó se reporta una degradación del cianuro por la presencia de un microorganismo. Observándose que los mayores porcentajes de degradación para todas las investigaciones fueron obtenidos para las C1, ya que estas representan las menores concentraciones empleadas, de acuerdo a lo expuesto anteriormente.

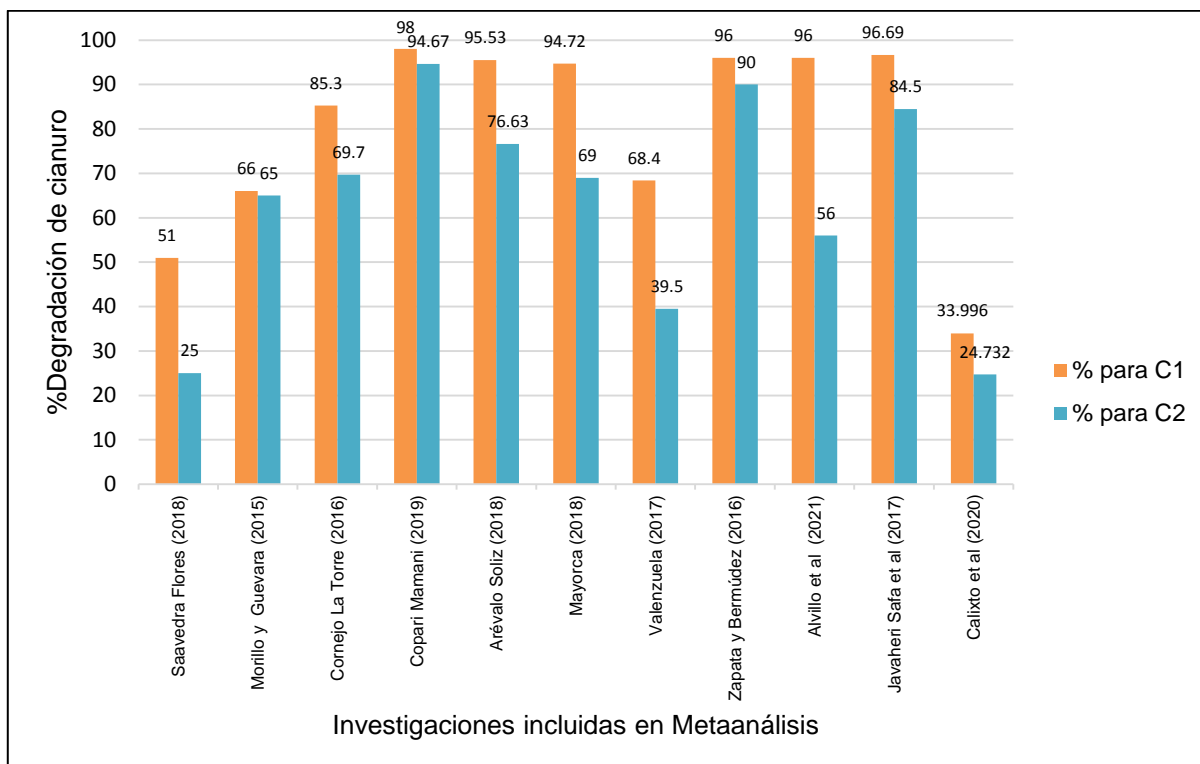


Figura 5. Porcentajes de degradación en tratamientos de las investigaciones

Se presenta, que el mayor % de degradación obtenido fue de 98% para las C1 y 94,67% para las C2, siendo estas reportadas en la investigación que realizó Copari Mamani (2019). También se observa en la figura 5, que el menor porcentaje de degradación fue de 33,9% para C1 y 24,7% para C2, las cuales se presentaron en la investigación realizada por Calixto et al. (2020). Se puede mencionar que 10 de las investigaciones utilizadas reportan un porcentaje de degradación superior al 50% y en 6 de ellas se reportaron superior a 90%, las cuales fueron realizadas por Copari Mamani, Arévalo Soliz, Mayorca, Zapata y Bermúdez, Alvillo et al., Javaheri Safa et al. (2017).

En el mismo orden de ideas, la figura 6 presenta una comparación de los porcentajes de degradación con las concentraciones C1 y C2 utilizadas en los estudios involucrados en el meta-análisis, observándose que los mayores porcentajes obtenidos fueron a menores concentraciones de cianuro. En la figura 7, se muestran los microorganismos empleados en los distintos estudios involucrados para las C1, donde se lograron los mayores porcentajes de degradación. Se evidencia que para las bacterias *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Klebsiella*, junto con el hongo *Trichoderma* se reportan porcentajes de degradación superiores a 90%.

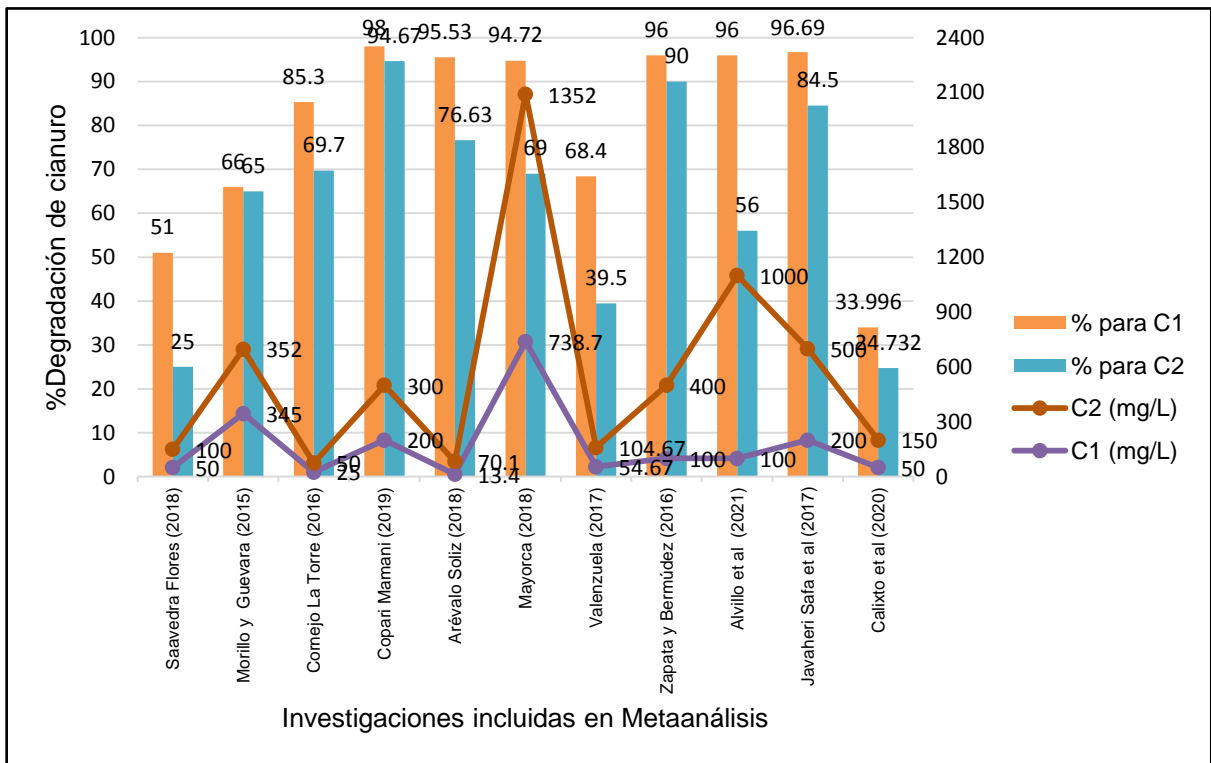


Figura 6. Comparación de porcentajes de degradación en los tratamientos

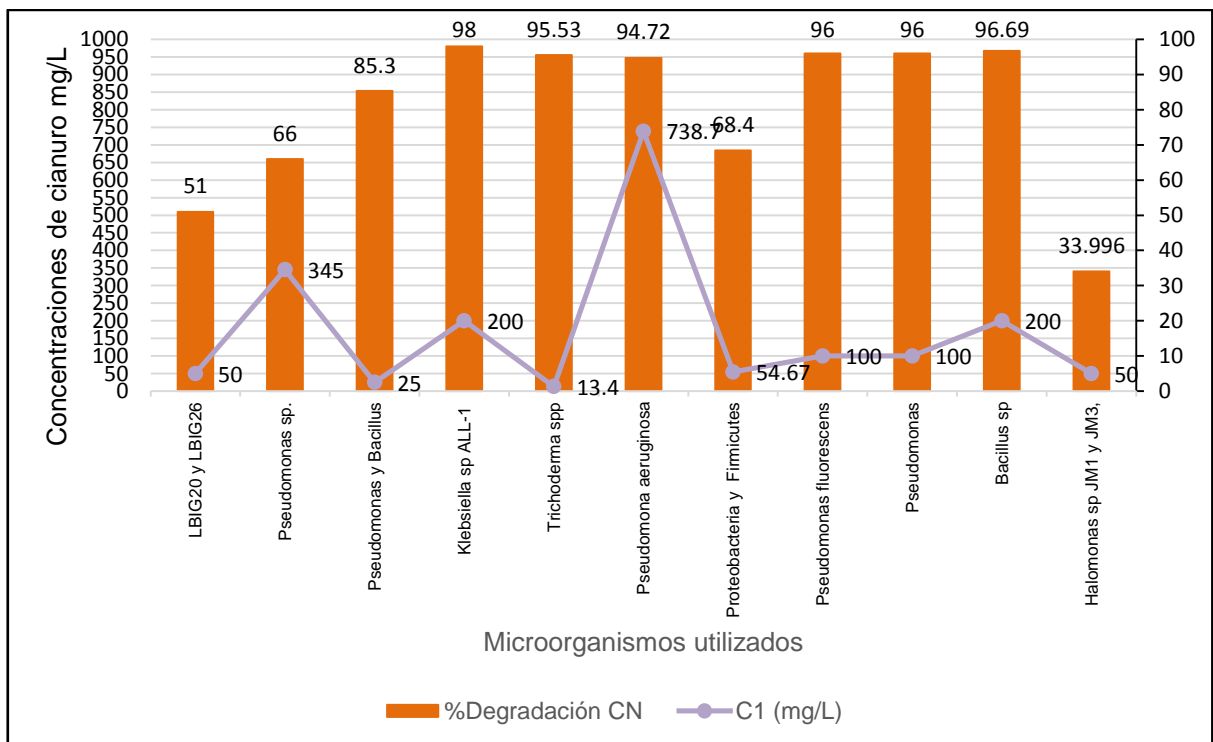


Figura 7. Microorganismos utilizados con los % de degradación

## V. DISCUSIÓN

En los resultados se realizó una evaluación del desarrollo de once (11) investigaciones significativas, que se escogieron por procedimiento metodológico empleado para la revisión sistemática. Donde se evidenciaron aspectos muy interesantes sobre la aplicación de microorganismos para degradar el cianuro en aguas residuales obtenidas por actividades mineras. Entre estos aspectos, se encontró que los microorganismos logran degradar al cianuro indiferentemente de las condiciones operacionales que se establecieron en las investigaciones revisadas, ya que se observa que los porcentajes de degradación son altos o superiores al 50% en la mayoría de los casos estudiados.

También, se encontró la aplicación de diferentes metodologías de experimentos para la aplicación de los microorganismos en aguas residuales mineras, así como diferentes microorganismos estudiados, entre estos se observó que en las investigaciones de Saavedra Flores (2018), Cornejo La torre (2016), Valenzuela (2017) y Calixto et al. (2020) se utilizó un consorcio de bacterias con varios microorganismos presentes, mientras que para las de Morillo y Guevara (2015), Zapata y Bermúdez (2016) y Alvillo et al. (2021) se empleó *Pseudomonas* como único microorganismo para degradar el cianuro. También es importante resaltar, que se utilizaron otros microorganismos únicos como el hongo *Trichoderma* por Arévalo Soliz (2018) y las bacterias de *Bacillus* y *Klebsiella* por Javaheri Safa et al. (2017) y Copari Mamani (2019) respectivamente. Por último, Mayorca (2018) seleccionó para su trabajo a los microorganismos *Pseudomona* y *Escherichia coli*.

En cuanto a las diferentes metodologías utilizadas, se tiene que las investigaciones que utilizaron consorcio bacteriano tales como Saavedra Flores (2018) en el que realizó una curva de crecimiento de los cultivos, siendo el cultivo LBIG20 el que más tiempo requirió para su crecimiento con respecto al LBIG26, pero el crecimiento de ambos cultivos fue abundante y tuvieron la capacidad de formar biopelículas; para Cornejo La Torre (2016) el consorcio bacteriano fue inoculado en biorreactor donde se realizaron pruebas de degradación y evaluación de la comunidad microbiana; Valenzuela (2017) realizó tres tratamientos: oxigenación, bioaumentación y la estimulación; se observó que todos son capaces de reducir la concentración de metales pesados y cianuro total, sin embargo, el segundo tratamiento: bioaumentación presentó mayor capacidad de reducción que los

demás.

En el trabajo de Morillo y Guevara (2015), se realizó un enriquecimiento de la muestra recolectada (lodo activo); con fin de ayudar a que las *Pseudomonas* presentes en la muestra encontraran una ruta degradativa para el cianuro de sodio y pudieran utilizarlo como fuente de carbono y nitrógeno, seleccionando de esta manera *Pseudomonas* que fuesen capaces de degradarlo y también de tolerar un pH alcalino en donde el cianuro no se volatilizara. Mayorca (2018) en su investigación empleó una cinética de crecimiento de las biopelículas con los microorganismos seleccionados (*Pseudomona* y *Escherichia coli*).

Arévalo Soliz (2018), en su estudio utilizó medios de cultivo para el crecimiento del hongo, que luego provocaron la reducción de la concentración de cianuro debido las enzimas rodanasa y cianuro hidratasa; según lo que expresan Ezzi & Lynch (2005) los hongos del género *Trichoderma* tienen la capacidad de degradar cianuro debido a la presencia de enzimas; en este trabajo se utilizó el método de supervivencia y de cuantificación del cianuro consumido por los hongos. En el estudio realizado por Copari Mamani (2019) se utilizó un biorreactor aireado, el cual mantuvo las células distribuidas uniformemente en todo el volumen de cultivo con el soporte de suministro de oxígeno a una velocidad tal que facilitó a los microorganismos el consumo de nutrientes y oxígeno.

Otro de los hallazgos que se obtuvo, fue sobre las concentraciones evaluadas en las diferentes investigaciones, encontrándose que para menores concentraciones iniciales de cianuro en las aguas residuales los porcentajes de degradación fueron superiores, es decir, que a menor concentración de cianuro más eficiente es la degradación, lo que indicó que son inversamente proporcional; según se observó, la presencia de altos contenidos del contaminante en las aguas residuales pueden hacer el medio tóxico para el desarrollo del microorganismo y retardar su efecto sobre la degradación. También se expresan en las once (11) investigaciones evaluadas, un rango de las concentraciones máximas tolerables de cianuro por los microorganismos, entre 21,5 mg/L (reportada por Cornejo La torre, 2016) y 1352 mg/L (reportada por Mayorca, 2018), obteniéndose unos porcentajes de degradación de 85,3% y 69% respectivamente, reflejándose la relación inversa

entre los mismos.

De acuerdo a la Tabla 8, las condiciones de operación para los microorganismos que se encontraron relevantes fueron el pH, la temperatura y el tiempo de incubación, donde se reflejan para estos parámetros fisicoquímicos la siguiente información: En diez (10) de once (11) investigaciones reportan un pH básico, un rango entre 9 y 10,5; la temperatura predominante fue de 30°C, según se consideró en los estudios de Saavedra Flores (2018), Copari Mamani (2019), Calixto *et al.* (2020), Alvillo *et al.* (2021) y Cornejo La Torre (2016). Por último, se encontró variación para el rango de tiempo de incubación, ya que para Saavedra Flores y Cornejo La Torre fue de 24 a 48h, para Morillo y Guevara (2015), Copari Mamani (2019) y Mayorca (2018) fue de 48h, para Zapata y Bermúdez (2016), Javaheri Safa *et al.* (2017) fue de 72h y el que reportó Valenzuela (2017) fue de 24 a 72h. Es importante señalar que en los once estudios evaluados las condiciones para los tres (3) parámetros estudiados fueron los indicados, lo que permitió verificar los valores reportados.

En las once (11) investigaciones evaluadas no se encontraron las características fisicoquímicas o parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales mineras de un nivel significativo, ya que se encontró que el pH (entre 9 y 13,4) y las concentraciones iniciales de cianuro fueron las únicas que se reportaron en todas las investigaciones; para las otras solo Mayorca (2018) y Valenzuela (2017) reportaron DBO, DQO, turbidez y conductividad eléctrica; mientras que Javaheri Safa *et al.* (2017) solo reportó turbidez. Se puede resaltar que las condiciones de DQO (297 mg/L), DBO (70 y 86 mg/L) reportadas fueron elevadas, indicando concentraciones altas de contaminación que se encuentran en las aguas residuales de minería, las cuales son indicadores para disminuir la eficiencia general de reducción del cianuro por presencia de los microorganismos, en tal sentido, el porcentaje final de degradación asimismo se ve influenciado.

De acuerdo al meta-análisis realizado, se pudo evidenciar que a menores concentraciones se obtiene un porcentaje de remoción más eficiente. Por esta razón, es importante conocer las concentraciones máximas tolerables del contaminante, como el cianuro, para cada microorganismo y así encontrar una condición favorable para obtener una alta eficiencia de la degradación.



En esta revisión sistemática, se muestra un conjunto de técnicas y tratamiento para la degradación del cianuro, en las cuales se consigue un alto porcentaje de efectividad. También es importante resaltar que cada microorganismo requiere unas condiciones operacionales específicas para aumentar su capacidad biodegradante.

## VI. CONCLUSIONES

1. Los parámetros fisicoquímicos más relevantes para la degradación de Cianuro en las aguas residuales por actividades mineras auríferas aplicando microorganismos a través de una Revisión sistemática y meta-análisis, fueron los que se identificaron en las condiciones de hábitat de los microorganismos involucrados, donde se encontró un rango básico para el pH de 9 a 10, para la temperatura 30°C como predominante y un rango de tiempo de incubación de 24 a 72 h. En cuanto a las características fisicoquímicas de DBO y DQO en las aguas residuales de minería encontradas en las investigaciones, no permiten establecer su relación directa con la degradación cianuro, debido a que solo en dos (2) de las once (11) investigaciones evaluadas fueron reportadas.
2. El porcentaje de degradación de cianuro aplicando microorganismos en las aguas residuales por actividades mineras auríferas, mediante la revisión sistemática y meta-análisis, se encontró que diez (10) de las once (11) investigaciones consultadas revelaron que fue superior al 50%, indicando así la efectividad del tratamiento de cianuro en aguas residuales de minería con aplicación de microorganismos. También, a concentraciones iniciales menores de cianuro se encontraron porcentajes de degradación más eficientes; debido a que los microorganismos pueden metabolizar mejor los agentes contaminantes sin que los afecte la toxicidad del medio, lo que ocasiona altas concentraciones de cianuro disminuyendo la eficiencia de remoción del mismo.
3. Mediante la revisión sistemática se logró evaluar la eficiencia de la degradación de cianuro en las aguas residuales por actividades mineras auríferas aplicando microorganismos mediante su procedimiento ya que al pasar por los criterios de exclusión e inclusión y la escala New Castle Ottawa, pudimos obtener las investigaciones más relevantes y con las que finalmente se consiguió cuanto degradó al cianuro. El meta-análisis nos permitió evaluar y comprobar la eficiencia de la degradación del cianuro en concentraciones menores que a concentraciones mayores.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Realizar estudios de revisión sistemática que ayuden a identificar microorganismos aislados en diferentes ambientes de aguas residuales, no sólo auríferas, y el uso de microorganismos aislados para la conformación de consorcios que ayuden en la eficiencia del porcentaje de degradación de cianuro.
2. Ampliar el estudio, a través de revisiones sistemáticas o análisis documental, a otros tipos de fuentes de aguas, puesto que muchas de las aguas residuales de la actividad minera caen en aguas dulces como ríos, lagos o lagunas, por lo que también se ven afectadas a la contaminación por cianuro y como consecuencia afectan al medio ambiente y al ser humano que se surte de ellas.
3. Realizar un estudio por análisis documental, del porcentaje de degradación de los microorganismos con respecto a otros tratamientos de cianuro, de manera que se puedan realizar comparaciones de métodos a tratamientos oxidativos de cianuro entre los diversos microorganismos.

## REFERENCIAS

ALVILLO-Rivera, Angélica, GARRIDO-Hoyos, Sofía, BUITRÓN, Germán, THANGARASU-Sarasvathi, Pandiyan & ROSANO-Ortega, Genoveva. Biological treatment for the degradation of cyanide: A review. *Journal of Materials Research and Technology*, 12. 1418-1433. 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.03.030>. ISSN 2238-7854.

APAZA-Aquino, Hugo; ROJAS-Machaca, Yoselin P.; MAMANI-Mamani, Eneida; CHURA-Palli, Vianey D. Microorganismos empleados para la biorremediación de efluentes mineros con cianuro. *Revista Aporte Santiaguino*. Huaráz: Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo". 2021. Disponible en: [http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte\\_Santiaguino/article/view/711/943](http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino/article/view/711/943)

AREVALO, Paul. Determinación de la capacidad de degradación de cianuro proveniente de la industria minera del cantón Cuenca con *Trichoderma* spp. Tesis (Ingeniería en Biotecnología de los Recursos Naturales). 2018. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16035>

ARIAS Gonzáles, J. L. Proyecto de tesis. Guía para la elaboración. 1ª Edición. Arequipa, Perú: AGOGO. 2020. Disponible en: <https://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2236>

BELTRÁN, Tony y CAMPOS, Melissa. Influencia de Microorganismos Eficaces sobre la Calidad de Agua y lodo Residual, Planta de tratamiento de Jauja. Huancayo: s.n., 2016. págs. 54-55.

BIOLCHINI, Jorge y Systematic review in software engineering. *Systematic review in software engineering*. System Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ. 5. 2005. pág. 45. Vol. 679.

CALIXTO, Favio; DEL ROSARIO; Jorge, QUIÑONES, Claudio, ROBLES, Heber,

VEGA, Juan y ESPARZA, Mario. Aislamiento y caracterización molecular de Halomonas degradadores de cianuro provenientes de efluentes mineros en el Perú. *Revistas Universidad Nacional de Tumbes*. 17 (4). 2020. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.049>

CARDONA, Giraldo. Microorganismos Potenciales degradadores de Cianuro en residuos de minería de oro. Tesis (Magíster en Desarrollo y Medio Ambiente). 2015. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/51440/1/75108346.2016.pdf>

CARTAGENA David, Mónica I. Biorremediación en aguas residuales contaminadas con cianuro y mercurio generadas en el proceso de la minería aurífera en Colombia, a partir de una revisión bibliográfica entre los años 2008 -2018. Tesis (Especialización en Gestión Ambiental). Medellín: Universidad de Antioquia. 2019. Disponible en: [http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/13927/1/CartagenaM%C3%B3nica\\_2019\\_BiorremediaciónCianuroMiner%C3%ADa.pdf](http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/13927/1/CartagenaM%C3%B3nica_2019_BiorremediaciónCianuroMiner%C3%ADa.pdf)

CHANDRA, Ram. Bacterial diversity, organic pollutants and their metabolites in two aeration lagoons of common effluent treatment plant (CETP) during the degradation and detoxification of tannery wastewater. *102 (3): 2333-2341*. 2011. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21075615/>.

COPARI M., Ana Beatriz. Biodegradación de cianuro por *Klebsiella* sp en condiciones diferentes de factores físicoquímicos a nivel de reactor aireado. Tesis (Maestría). Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. 2019. Disponible en: [http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3650/1580\\_2019\\_copari\\_ma\\_maní\\_ab\\_faci\\_biología.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3650/1580_2019_copari_ma_maní_ab_faci_biología.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

CORNEJO, Melitza. Biorremediación de relaves mineros con un consorcio microbiano nativo caracterizado molecularmente y productor de enzimas degradadoras de cianuro y derivados. Tesis (Maestría) Tumbes. Repositorio Concytec. 2016. Disponible en:

[http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/153/3/2016\\_Cornejo\\_Bi  
orr\\_emediacion-relaves-mineros.pdf](http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/153/3/2016_Cornejo_Bi<br/>orr_emediacion-relaves-mineros.pdf)

CORREA, Sandra. Evaluación de la remoción de nitrógeno, fósforo y sulfuros en agua residual doméstica, utilizando *Phragmites australis* en Bioreactores. Información tecnológica. 6. 2015. págs. 89-98. Vol. 26.

DAS, Cindrella, NASEERA K., ANIRUDH, Ram, RAM MURTI Meena, NAGAPPA Ramaiah. Bioremediation of tannery wastewater by a salt-tolerant strain of *Chlorella vulgaris*. Journal of Applied Phycology. 2017. 29 (1). 235-243. Disponible en: [https://drs.nio.org/drs/bitstream/handle/2264/7865/J\\_Appl\\_Phycol\\_29\\_235a.pdf?sequence=1](https://drs.nio.org/drs/bitstream/handle/2264/7865/J_Appl_Phycol_29_235a.pdf?sequence=1)

DICKERSIN, K. Meta-analysis: State-of-the-Science. Epidemiol Rev. 14:154-76. Berlin. 1992. Disponible en: doi: 10.1093/oxfordjournals.epirev.a036084.

EZZI, M. I., & LYNCH, J. M. Plant microcosm studies demonstrating bioremediation of cyanide toxicity by *Trichoderma* and *Fusarium* spp. Biological Fertility Soils, 42: 40-44. 2005. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00374-005-0864-5>

GIMENEZ, Andrea. ¿Qué es un meta-análisis? y ¿Cómo leerlo? BIOMEDICINA. 7 (1). 16 - 27. 2012. Disponible en: [https://www.academia.edu/39186377/Metaan%C3%A1lisis\\_c%C3%B3mo\\_leerlo](https://www.academia.edu/39186377/Metaan%C3%A1lisis_c%C3%B3mo_leerlo). ISSN 1510-9747

GONZALEZ, Carlos y MORALES, Yennyfer. Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. 2015. Disponible en <https://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf> ISSN: 2311 - 7613

GORDILLO GONZÁLEZ, Maria Camila. Biodegradación De Cianuro En Aguas Y Suelos Contaminados Por La Minería De Oro. Tesis (Especialización en Gestión Ambiental). Bogotá. Universidad de América. 2018. Disponible en:

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7134/83531-2018%20I-GA.pdf>

GUTIERREZ Acarapi, Sandra L. Evaluación de la capacidad degradadora de cianuro por bacterias aisladas de ambientes mineros de la provincia de Candarave, región de Tacna. Tesis. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. 2018. Disponible en: [http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3257/1376\\_2018\\_gutierrez\\_acarapi\\_sl\\_faci\\_biologia\\_microbiologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3257/1376_2018_gutierrez_acarapi_sl_faci_biologia_microbiologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

HERNÁNDEZ, R., & MENDOZA, C. Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (Séptima Ed.). 2018. McGraw-Hill. ISBN: 978-1-4562-6096-5. Disponible en: [https://www.academia.edu/44551333/metodologia\\_de\\_la\\_investigaci%c3%93n\\_las\\_rutas\\_cuantitativa\\_cualitativa\\_y\\_mixta](https://www.academia.edu/44551333/metodologia_de_la_investigaci%c3%93n_las_rutas_cuantitativa_cualitativa_y_mixta)

HUTTON, Brian, CATALÁ, Ferrán, MOHER David. La extensión de la declaración PRISMA para revisiones sistemáticas que incorporan metaanálisis en red: PRISMA-NMA. *Medicina Clínica* 35 (6). 2016. Disponible en: <http://www.prismastatement.org/documents/Hutton%20NMA%20Spanish%20Medicina%20Clinica%202016.pdf>

JAVAHERI Safa *et al.* Significant increase in cyanide degradation by *Bacillus* sp. M01 PTCC 1908 with response surface methodology optimization. *AMB Express* 7:200. 2017. Disponible en: DOI 10.1186/s13568-017-0502-2

LÓPEZ Vázquez, Carlos M., BUITRÓN Méndez, Germán, GARCÍA, Héctor A., CERVANTES Carrillo, Francisco J. Tratamientos biológicos de aguas residuales: Principios, modelación y diseño. *Tratamientos biológicos*. IWA Publishing, 16. 2017. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/9781780409146>. ISBN electronic: 978-1-78040-914-6.

MALA, John Geraldine, SUJATHA, Dhanasingh y ROSE, Chellan. Inducible

chromate reductase exhibiting extracellular activity in *Bacillus methylotrophicus* for chromium bioremediation. *Microbiological research*. 2015. págs. 235-241. Vol. 170.

MARTÍN Sánchez, Eva. Aplicación e interpretación del meta-análisis en la evaluación de intervenciones sanitarias: tres ejemplos prácticos en dolor. Tesis (Doctoral). Barcelona: Universidad Rey Juan Carlos. 2015. Disponible en: <https://burjcdigital.urjc.es/handle/10115/13185>

MAYORCA, Clemente. Reducción de cianuro del agua industrial contaminada mediante biopelícula microbiana, Tesis (Maestría) Arequipa: Universidad César Vallejo. 2018. Disponible en: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/24435/Mayorca\\_CS.pdf?sequence=7&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/24435/Mayorca_CS.pdf?sequence=7&isAllowed=y)

MORILLO Mendoza, Jhonn y GUEVARA Gonzales, Juan. Degradación de cianuro de sodio por *Pseudomonas sp.a* dos temperaturas y tres pH. *REBIOLEST, Revista Científica*. Trujillo. 2015. Disponible en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/ECCBB/article/view/892/821>

PANAY, A. J.; VARGAS-SERNA, C. L.; CARMONA-OROZCO, M. L. Biodegradation of cyanide using recombinant *Escherichia coli* expressing *Bacillus pumilus* cyanide dihydratase. *Revista Colombiana de Biotecnología*, [S. l.], v. 22, n. 1, p. 27-35, 2020. DOI: 10.15446/rev.colomb.biote.v22n1.79559. Disponible em: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/79559>. Acceso em: 13 sep. 2021.

QUISPEALAYA Carrizo, Frank y ZÁRATE Vivar, Orlando. Tratamiento de los relaves con contenido de cianuro por medio de la interacción de bacterias y compuestos inorgánicos en PLH MINERA S.A.C. Arequipa: Universidad Nacional del Centro del Perú. 2019. Disponible en: [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6822/T010\\_7033173\\_2\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6822/T010_7033173_2_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)



RIAÑO, Julieth Yadira. Polihidroxialcanoatos (PHAs): Biopolímeros producidos por microorganismos: Una solución frente a la contaminación del medio ambiente. Teoría y praxis investigativa. 2010. págs. 79-84. Vol. 5.

SAAVEDRA F., Jacquelin. Degradación del cianuro de sodio por bacterias aisladas de efluentes cianurados de la zona minera artesanal, Huamachuco - La Libertad. Tesis (Maestría en Microbiología y Parasitología), Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. 2018. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/10934>

SERNAQUE AGUILAR, Yacory Anahis; CORNEJO LA TORRE, Melitza; PIERRE REGARD, Jerome y MIALHE MATONNIER, Eric Louis. Caracterización molecular de bacterias cultivables y no cultivables procedentes de pozas de lixiviación con cianuro. Revista Peruana de Biología. 26 (2): 275-282. 2019. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v26i2.16383>. ISSN 1727-9933.

TEJADA, Candelaria, VILLABONA, Ángel y GARCÉS, Luz. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. tecnológicas. 18 (34): 109-123. 2015. Disponible en:

TOC, René Manuel. Efecto de los Microorganismos Eficientes (ME) en las Aguas Residuales de la Granja Porcina de Zamorano. 2012. págs. 1-22.

VALENZUELA Torres, Jessica P. Biorremediación por medio de tratamiento microbiológico de las aguas residuales de la empresa AIC para la reducción de metales pesados y cianuros. Tesis (Maestría). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Ibarra. Disponible en: <http://dspace.pucesi.edu.ec/bitstream/11010/77/1/INFORME%20FINAL%20DE%20LA%20INVESTIGACION.pdf>

VARGAS ÁLVAREZ, Heyser Jhonatan. Efecto de la cepa nativa de *P. Fluorescens* en la degradación de cianuro en solución, in vitro. 2017.

VARGAS CORDERO, Zoila Rosa. La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. metodología de la investigación. 2009. págs.

155-165. Vol. 33.

VARGAS SERNA, Claudia. Degradación enzimática de cianuro por la enzima cianuro hidratasa de bacillus pumulus producida de forma recombinante en células de E. Coli. 2017.

VELA GARCÍA, Nicolás.; GUAMÁN BURNEO, María C.; GONZÁLEZ ROMERO, Norys P. Biorremediación Eficiente De Efluentes Metalúrgicos Mediante El Uso De Microalgas De La Amazonía Y Los Andes Del Ecuador. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, [S. l.], v. 35, n. 4, p. 917-929, 2019. DOI: 10.20937/RICA.2019.35.04.11. Disponible en: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2019.35.04.11>.

VILLASÍS-Keever, Miguel A., RENDÓN-Macías, Mario E., GARCÍA, Heladia, MIRANDA-Novales, María G., ESCAMILLA-Núñez, Alberto. La revisión sistemática y el metaanálisis como herramientas de apoyo para la clínica y la investigación. Revista Alergia México, 67 (1): 62-72. 2020. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4867/486763616007/html/>

VULLO, Diana L. Microorganismos y metales pesados: una interacción en beneficio del medio ambiente. s.l: Química viva, 2003. págs. 93-104. Vol. 2.

WANG, Qun. Effects of di-n-butyl phthalate and di-2-ethylhexyl phthalate on pollutant removal and microbial community during wastewater treatment. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2020. Vol. 198.

ZAHOOR, Ahmed y REHMAN, Abdul. Isolation of Cr (VI) reducing bacteria from industrial effluents and their potential use in bioremediation of chromium containing wastewater. Journal of Environmental Sciences. 2009. págs. 814-820. Vol. 21.

ZAPATA, Elis. Revisión de microorganismos capaces de degradar cianuro presente en aguas residuales industriales. Revista Agricola & Habitat. Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. 2020. Disponible en:

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/agricolae/article/view/3885>

ZAPATA Alfonso, Elis J. y BERMÚDEZ Palma, Yenny. Estado del arte de la biodegradación de cianuro en aguas residuales industriales. Tesis (Ingeniero). Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. 2016. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/28192/52845368.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## Anexo 1: Matriz de consistencia y de operacionalización de variables

Tabla 12. Matriz de Consistencia

Problemas		Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
General	¿Mediante la revisión sistemática y meta-análisis, es posible evaluar la eficiencia de la degradación de cianuro en las aguas residuales por actividades mineras auríferas mediante la aplicación de microorganismos?	Evaluar mediante la revisión sistemática y meta-análisis la eficiencia de la degradación de cianuro en las aguas residuales por actividades mineras auríferas mediante la aplicación de microorganismos.	Mediante la revisión sistemática y meta-análisis se puede evaluar la eficiencia de la degradación de cianuro en las aguas residuales por actividades mineras auríferas con la aplicación de microorganismos.	<b>Independiente</b>  Evaluación de la aplicación de microorganismos	Condiciones de Hábitat  Microorganismos de estudio de acuerdo a cada investigación	Tiempo, temperatura y pH.  Tipos de microorganismos y concentración de microorganismos.	<p><b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada</p> <p><b>Diseño de Investigación:</b> No experimental</p> <p><b>Población:</b> 202 investigaciones</p> <p><b>Muestra:</b> 11 investigaciones</p> <p><b>Técnica:</b> Análisis documental</p> <p><b>Instrumento:</b> Fichas de registros bibliográficos</p>
a) Especifico	¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos para la degradación de cianuro en las aguas residuales por actividades mineras auríferas mediante la aplicación de microorganismos a través revisión sistemática y meta-análisis?	Identificar los parámetros fisicoquímicos más relevantes para la degradación de cianuro en las aguas residuales por actividades mineras auríferas mediante la aplicación de microorganismos a través revisión sistemática y meta-análisis.	Se puede identificar los parámetros fisicoquímicos más relevantes para la degradación de cianuro en las aguas residuales por actividades mineras auríferas con la aplicación de microorganismos a través revisión sistemática y meta-análisis.	<b>Dependiente</b>  Degradación de cianuro en las aguas residuales por actividades mineras auríferas	Parámetros fisicoquímicos  Porcentaje de degradación de cianuro	Concentraciones de cianuro, DBO, DQO, pH, color, turbidez, conductividad eléctrica  $\% \text{degradación} = \frac{(ci - cf)}{ci} \times 100\%$ Ci: concentración inicial Cf: concentración final	
b) Especifico	¿Cuál es el porcentaje degradación de Cianuro utilizando microorganismos en las aguas residuales por actividades mineras auríferas luego de una revisión sistemática y meta-análisis?	Determinar el porcentaje de degradación de cianuro utilizando microorganismos en las aguas residuales por actividades mineras auríferas luego de una revisión sistemática y meta-análisis.	Se puede determinar el porcentaje de degradación de cianuro utilizando microorganismos en las aguas residuales por actividades mineras auríferas luego de una revisión sistemática y meta-análisis.				

**Tabla 13. Matriz de Operacionalización de Variables**

DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>					
Evaluación de la aplicación de microorganismos	La aplicación de microorganismos eficaces mejora las condiciones físico químicas y biológicas del agua residual (Beltrán, 2016).	La evaluación de la aplicación de microorganismos fue medida en base a las condiciones de hábitat y microorganismos de estudio de acuerdo a cada investigación.	Condiciones de hábitat	Tiempo	horas
				Temperatura	°C
				pH	1-14
		Microorganismos de estudio de acuerdo a cada investigación	Tipo de microorganismos	Cepa microbiana: Bacteria, hongos y levadura	
			Concentración de microorganismos	ufc/100mL	
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>					
Degradación de cianuro en aguas residuales por actividades mineras auríferas	De manera que se adecua al proceso para una siguiente etapa en la operación ya que la planta contará con una primera etapa de degradación, seguida de una segunda etapa de precipitación de metales pesados y por último la etapa de absorción como etapa final de tratamiento del efluente (Paytan, 2009).	La degradación de cianuro en aguas residuales por actividades mineras auríferas fue evaluada de acuerdo a sus parámetros fisicoquímicos más significativos y al porcentaje de degradación de cianuro.	Parámetros fisicoquímicos	Concentraciones de cianuro	mg/L
				DBO	mg/L
				DQO	mg/L
				pH	1-14
				Color	U.C
				Turbidez	NTU
				Conductividad eléctrica	µS/cm
			Porcentaje de degradación de cianuro	$\% \text{degradación} = \frac{(ci - cf)}{ci} \times 100\%$ Ci: concentración inicial Cf: concentración final	Porcentaje (%)

## Anexo 2: Instrumentos de Fichas de Recolección de Datos

Tabla 2 Características de los estudios incluidos en la revisión

Referencia	Ámbito geográfico - temporal	Porcentaje de Degradación de Cianuro (%)	Tipo de Microorganismo	Condiciones de Hábitat	Tipo de análisis estadístico	Resultados	Conclusiones	Observaciones



Tabla 3 Características de los estudios incluidos en la revisión

Autor(es) del estudio	Procedencia de la muestra	Color	Concentración de Cianuro	Condiciones de hábitat	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	PH	Turbidez	Conductividad Eléctrica

Tabla 4 Microorganismos aplicados para la degradación del contaminante Cianuro

Autor(es) del estudio	Microorganismo	Microorganismo 1	Microorganismo 2	Observaciones



Tabla 5 Condiciones de Hábitat de los microorganismos

Autor(es) del estudio	Concentración de microorganismos (ufc/100mL)	Temperatura a (C°)	PH	Tiempo de incubación (horas)	Concentración máxima de Cianuro (mg/L)	Observaciones

Tabla 6 Seguimiento del porcentaje de degradación de Cianuro

Auto(es) del estudio	Concentración inicial (mg/L)	Concentración 1 para el tratamiento (mg/L)	Concentración 2 para el tratamiento (mg/L)	Tiempo de degradación (horas)	Porcentaje de degradación de Cianuro 1(%)	Porcentaje de degradación de Cianuro 2(%)



Tabla 7 Calidad metodológica de los estudios incluidos

Autor(es)	Newcastle – Ottawa modificada				Datos específicos	
	Representatividad	Exposición	Porcentaje de degradación	Periodo de aplicación	Toxicidad	Seguimiento

Tabla 8 Aplicación de microorganismos y degradación de Cianuro

Autor(es) del estudio	Concentración de Cianuro en las aguas residuales (mg/L)	Concentración 1 para el tratamiento (mg/L)	Concentración 2 para el tratamiento (mg/L)	Porcentaje de degradación de Cianuro 1 (%)	Porcentaje de degradación de Cianuro 2 (%)	Condiciones de Hábitat			
						Tiempo (horas)	pH	Temperatura (C°)	Concentración de microorganismos (mg/L)



Tabla 2 Características de los estudios incluidos en la revisión

Referencia	Ámbito geográfico - temporal	Porcentaje de Degradación de Cianuro (%)	Tipo de Microorganismo	Condiciones de Hábitat	Tipo de análisis estadístico	Resultados	Conclusiones	Observaciones

Atentamente,  
  
 Juan Julio Chedone Galvez  
 DNI: 08447308



Tabla 3 Características de los estudios incluidos en la revisión

Autor(es) del estudio	Procedencia de la muestra	Color	Concentración de Cianuro	Condiciones de hábitat	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	PH	Turbidez	Conductividad Eléctrica

Tabla 4 Microorganismos aplicados para la degradación del contaminante Cianuro

Autor(es) del estudio	Microorganismo	Microorganismo 1	Microorganismo 2	Observaciones

Atentamente,  
  
 Juan Julio Chedone Galvez  
 DNI: 08447308



**Tabla 5 Condiciones de Hábitat de los microorganismos**

Autor(es) del estudio	Concentración de microorganismos (ufc/100mL)	Temperatura a (C°)	PH	Tiempo de incubación (horas)	Concentración máxima de Cianuro (mg/L)	Observaciones

**Tabla 6 Seguimiento del porcentaje de degradación de Cianuro**

Auto(es) del estudio	Concentracion inicial (mg/L)	Concentracion 1 para el tratamiento (mg/L)	Concentracion 2 para el tratamiento (mg/L)	Tiempo de degradacion (horas)	Porcentaje de degradacion de Cianuro 1(%)	Porcentaje de degradacion de Cianuro 2(%)

Atentamente,  
  
 José Julio Pacheco Galvez  
 DNI: 08447308

**Tabla 7 Calidad metodológica de los estudios incluidos**

Autor(es)	Newcastle – Ottawa modificada				Datos específicos	
	Representatividad	Exposicion	Porcentaje de degradacion	Periodo de aplicacion	Toxicidad	Seguimiento

**Tabla 8 Aplicación de microorganismos y degradación de Cianuro**

Autor(es) del estudio	Concentración de Cianuro en las aguas residuales (mg/L)	Concentración 1 para el tratamiento (mg/L)	Concentración 2 para el tratamiento (mg/L)	Porcentaje de degradación de Cianuro 1 (%)	Porcentaje de degradación de Cianuro 2 (%)	Condiciones de Hábitat			
						Tiempo (horas)	pH	Temperatura (C°)	Concentración de microorganismos (mg/L)

Atentamente,  
  
 José Julio Pacheco Galvez  
 DNI: 08447308

**Tabla 2 Características de los estudios incluidos en la revisión**

Referencia	Ambito geográfico - temporal	Porcentaje de Degradación de Cianuro (%)	Tipo de Microorganismo	Condiciones de Hábitat	Tipo de análisis estadístico	Resultados	Conclusiones	Observaciones

  
**FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE**  
 CIP 95556  
 DNI No 17640671 Telf.: 995978529

**Tabla 3 Características de los estudios incluidos en la revisión**

Autor(es) del estudio	Procedencia de la muestra	Color	Concentración de Cianuro	Condiciones de hábitat	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	PH	Turbidez	Conductividad Eléctrica

**Tabla 4 Microorganismos aplicados para la degradación del contaminante Cianuro**

Autor(es) del estudio	Microorganismo	Microorganismo 1	Microorganismo 2	Observaciones

  
**FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE**  
 CIP 95556  
 DNI No 17640671 Telf.: 995978529

Tabla 5 Condiciones de Hábitat de los microorganismos

Autor(es) del estudio	Concentración de microorganismos (ufc/100mL)	Temperatura (C°)	PH	Tiempo de incubación (horas)	Concentración máxima de Cianuro (mg/L)	Observaciones

Tabla 6 Seguimiento del porcentaje de degradación de Cianuro

Auto(es) del estudio	Concentración inicial (mg/L)	Concentración 1 para el tratamiento (mg/L)	Concentración 2 para el tratamiento (mg/L)	Tiempo de degradación (horas)	Porcentaje de degradación de Cianuro 1(%)	Porcentaje de degradación de Cianuro 2(%)

  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 CIP 95556  
 DNI No 17640671 Telf: 995978529

Tabla 7 Calidad metodológica de los estudios incluidos

Autor(es)	Newcastle – Ottawa modificada				Datos específicos	
	Representatividad	Exposición	Porcentaje de degradación	Periodo de aplicación	Toxicidad	Seguimiento

Tabla 8 Aplicación de microorganismos y degradación de Cianuro

Autor(es) del estudio	Concentración de Cianuro en las aguas residuales (mg/L)	Concentración 1 para el tratamiento (mg/L)	Concentración 2 para el tratamiento (mg/L)	Porcentaje de degradación de Cianuro 1 (%)	Porcentaje de degradación de Cianuro 2 (%)	Condiciones de Hábitat			
						Tiempo (horas)	pH	Temperatura (C°)	Concentración de microorganismos (mg/L)

  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 CIP 95556  
 DNI No 17640671 Telf: 995978529

## Anexo 3: Validación de Instrumentos de Recolección

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Benites Alfaro, Elmer**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Investigador, Calidad y gestión de las RR:NN.
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Características de los estudios incluidos en la revisión
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Agurto Ludeña, Aillen y Arzapalo Marcelo, Renzo

#### II ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### III OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%
-----


 del 2021  

 Dr. ELMER G. BENITES ALFARO  
 Ing. Químico  
 Investigador CONCYTEC  
 Código Único de Investigación  
 017 7398

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: **Dr. Benites Alfaro, Elmer**
- a. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- b. Especialidad o línea de investigación: Investigador, Calidad y gestión de las RR.NN.
- c. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Microorganismos aplicados para la degradación del contaminante Cianuro
- d. Autor(A) de Instrumento: Agurto Ludeña, Aillen y Arzapalo Marcelo, Renzo

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85%
-----

Firma 15 de set. del 2021




 Dr. ELMER O. BENITES ALFARO  
 Ing. Químico  
 Investigador CONCYTEC  
 Código Renisco PDC04456  
 CP 7 2000

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: **Dr. Benites Alfaro, Elmer**
- b. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- c. Especialidad o línea de investigación: Investigador, Calidad y gestión de las RR:NN.
- d. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Condiciones de hábitat de los microorganismos
- e. Autor(A) de Instrumento: Agurto Ludeña, Aillen y Arzapalo Marcelo, Renzo

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 15 de set / del 2021


## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: **Dr. Benites Alfaro, Elmer**
- b. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- c. Especialidad o línea de investigación: Investigador, Calidad y gestión de las RR:NN.
- d. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Seguimiento del porcentaje de degradación de Ciamuro
- e. Autor(A) de Instrumento: Agurto Ludeña, Aillen y Arzapalo Marcelo, Renzo

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

%

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90%
-----

Lima, 15 de set / del 2021


EL EMER BENITES ALFARO  
 Ing. Químico  
 Investigador CONCYTEC  
 Código Benites: P004455  
 CP 7208



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: **Dr. Benites Alfaro, Elmer**
- b. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- c. Especialidad o línea de investigación: Investigador, Calidad y gestión de las RR:NN.
- d. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Calidad metodológica de los estudios incluidos
- e. Autor(A) de Instrumento: Agurto Ludeña, Aillen y Arzapalo Marcelo, Renzo

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 15 de set del 2021




## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: **Dr. Benites Alfaro, Elmer**
- b. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- c. Especialidad o línea de investigación: Investigador, Calidad y gestión de las RR:NN.
- d. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Aplicación de microorganismos y degradación de Cianuro
- e. Autor(A) de Instrumento: Agurto Ludeña, Aillen y Arzapalo Marcelo, Renzo

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

  
 Firma: 13 de set del 2021  

 Dr. Elmer G. Benites Alfaro  
 Ing. Químico  
 Investigador (INCYTEC)  
 College Faculty Professor  
 OF UCV

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso**  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Medio Ambiente  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Características de los estudios incluidos en la revisión  
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Agurto Ludeña, Aillen y Arzapalo Marcelo, Renzo

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85%
-----

Lima, 30 de septiembre de 2021

  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 CIP 95556  
 DNI No 17640671 Telf: 995978529

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: **Ing. Lizaraburu Aguinaga, Danny Alonso**
- a. Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**
- b. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
- c. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Microorganismos aplicados para la degradación del contaminante Cianuro**
- d. Autor(A) de Instrumento: **Agurto Ludeña, Aillen y Arzapalo Marcelo, Renzo**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85%

Lima, 30 de septiembre de 2021

  
**FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE**  
 CIP 95556  
 DNI No 17640671 Telf: 995978529

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: **Ing. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso**
- b. Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**
- c. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
- d. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones de hábitat de los microorganismos**
- e. Autor(A) de Instrumento: **Agurto Ludeña, Aillen y Arzapalo Marcelo, Renzo**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85%

Lima, 30 de septiembre de 2021

  
**FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE**  
 CIP 95556  
 DNI No 17640671 Telf.: 995978529

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: **Ing. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso**
- a. Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**
- b. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
- c. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Seguimiento del porcentaje de degradación de Ciamuro**
- d. Autor(A) de Instrumento: **Agurto Ludeña, Aillen y Arzapalo Marcelo, Renzo**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD


- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85%
-----

Lima, 30 de septiembre de 2021

  
**FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE**  
 CIP 95556  
 DNI No 17640671 Telf: 995978529

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: **Ing. Lizaraburu Aguinaga, Danny Alonso**
- b. Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**
- c. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
- d. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Calidad metodológica de los estudios incluidos**
- e. Autor(A) de Instrumento: **Agurto Ludeña, Aillen y Arzapalo Marcelo, Renzo**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### V. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### VI. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85%

Lima, 30 de septiembre de 2021

  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 CIP 95556  
 DNI No 17640671 Telf: 995978529



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### III. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: **Ing. Lizaraburu Aguinaga, Danny Alonso**
- b. Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**
- c. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
- d. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Aplicación de microorganismos y degradación de Cianuro**
- e. Autor(A) de Instrumento: **Agurto Ludeña, Aillen y Arzapalo Marcelo, Renzo**

### IV. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

### VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85%
-----

Lima, 30 de septiembre de 2021

  
**FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE**  
 CIP 95556  
 DNI No 17640671 Telf: 995978529

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio**  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Medio Ambiente  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Características de los estudios incluidos en la revisión  
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Aguto Ludeña, Aillen y Arzapalo Marcelo, Renzo

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-----

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %
------

  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 06447308



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio**
- a. Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**
- b. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
- c. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Microorganismos aplicados para la degradación del contaminante Cianuro**
- d. Autor(A) de Instrumento: **Agurto Ludeña, Aillen y Arzapalo Marcelo, Renzo**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-----

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %
------

  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 06447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio**
- b. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- c. Especialidad o línea de investigación: Medio Ambiente
- d. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Condiciones de hábitat de los microorganismos
- e. Autor(A) de Instrumento: Agurto Ludeña, Aillen y Arzapalo Marcelo, Renzo

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-----

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %
------

  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 06447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio**
- b. Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**
- c. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
- d. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Seguimiento del porcentaje de degradación de Cianuro**
- e. Autor(A) de Instrumento: **Agurto Ludeña, Aillen y Arzapalo Marcelo, Renzo**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-----

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %
------

  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 06447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio**
- b. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- c. Especialidad o línea de investigación: Medio Ambiente
- d. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Calidad metodológica de los estudios incluidos
- e. Autor(A) de Instrumento: Agurto Ludeña, Aillen y Arzapalo Marcelo, Renzo

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-----

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %
------

  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 06447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### V. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio**
- b. Cargo e institución donde labora: **Docente de la Universidad César Vallejo**
- c. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
- d. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Aplicación de microorganismos y degradación de Cianuro**
- e. Autor(A) de Instrumento: **Agurto Ludeña, Aillen y Arzapalo Marcelo, Renzo**

### VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
-----

### VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %
------

  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 06447308