

ESCUELA DE POSGRADO NEWMAN

MAESTRÍA EN GESTIÓN MINERA Y AMBIENTAL



“Propuesta de un plan de biorremediación de aguas contaminadas con cianuro de sodio, basado en la aplicación de Data Science. Cotopaxi – Ecuador 2022”

**Trabajo de Investigación
para optar el Grado a Nombre de la Nación de:**

Maestría en
Gestión Minera y Ambiental

Autor:

Ing. Jhony Adrian Atiaja Llamba

Docente Guía:

Mtro. Niquén Espejo, Christopher

TACNA – PERÚ

2022

Jhony Atiaja

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

“El texto final, datos, expresiones, opiniones y apreciaciones contenidas en este trabajo son de exclusiva responsabilidad del (los) autor(es)”

Tabla de contenido

Resumen.....	6
CAPITULO I	7
1. Antecedentes del estudio.....	7
1.1. Título del Tema	7
1.2. Planteamiento del Problema	7
1.3. Justificación	10
1.4. Objetivos de la Investigación.....	12
1.4.1. Objetivo General	12
1.4.2. Objetivos Específicos.....	12
1.5. Metodología	12
1.5.1. Tipo de Investigación	12
1.5.2. Diseño de la investigación.....	13
1.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección de información	13
1.6. Principales definiciones.....	14
1.6.1. Matriz de Leopold.	14
1.6.2. Impactos ambientales	14
1.6.3. Bases de datos biológicas.....	14
1.6.4. Bioprocesos	15
1.6.5. Biología computacional	15
1.6.6. Bioinformática	16
1.6.7. Data Science.....	16
1.6.8. Redes sociales artificiales.....	16
1.6.9. Componentes del grafo.....	17
1.6.10. Clustering basado en algoritmos	18
1.6.11. K-means	18
1.6.12. Desechos mineros.....	19
1.6.12.1. Cuerpos lóticos	19
1.7. Alcances y limitaciones	20
1.7.1. Alcances	20

1.7.2. Limitaciones	21
CAPÍTULO II	23
2. Marco teórico.....	23
2.1. Contextualización investigativa	23
2.2. Antecedentes de la investigación	23
2.2.1. Antecedentes internacionales	23
2.2.2. Antecedentes nacionales	26
2.2.3. Antecedentes locales	26
2.3. Bases teóricas.....	27
2.3.1. La minería	27
2.3.2. Minería de oro.....	28
2.3.3. Proceso de lixiviación en pilas	29
2.3.4. Cianuro de potasio.....	30
2.3.5. El cianuro en la minería	30
2.3.5.1. Cianuración de oro.....	31
2.3.5.2. Contaminación del agua con residuos cianurados	31
2.3.5.3. Contaminación por cianuro	32
2.3.5.4. Degradación del cianuro	32
2.3.6. Biorremediación	33
2.3.6.1. Comportamiento biológico	33
2.3.7. Ciencia de datos en la investigación científica	34
2.3.8. Bases de datos científicas.....	34
2.3.9. Redes sociales artificiales	35
2.3.9.1. Componentes de un grafo.....	35
2.3.10. Clustering basado en Algoritmos de clasificación	37
2.3.10.1 Algoritmo de clasificación k-means.	37
2.3.11. Principios de redes neuronales artificiales	38
2.3.12. Biología computacional.....	38
2.3.12.1. Bioprocesos computacionales.....	38
2.3.12.2. Simulaciones de bioprocesos.....	39
2.3.12.3. Funciones de transferencia	39

2.3.13. <i>Análisis de redes neuronales</i>	40
2.3.13.1. <i>Modelo neuronal GMDH</i>	41
CAPÍTULO III	42
3. <i>Marco referencial</i>	42
3.1. <i>Antecedentes del área contaminada</i>	42
3.2. <i>Antecedentes específicos del área de contaminación</i>	43
3.3. <i>Antecedentes de la aplicación de Data Science en biorremediación</i>	43
3.4. <i>Diagnóstico de la aplicación de Data Science en el área contaminada</i>	44
3.5. <i>Análisis crítico</i>	44
CAPÍTULO IV	46
4. <i>Marco metodológico y resultados</i>	46
4.1. <i>Recolección de referencias bibliográficas</i>	46
4.2. <i>Evaluación de los impactos ambientales</i>	46
4.2.1. <i>Recolección de información sobre la contaminación</i>	46
4.2.2. <i>Evaluación de los impactos ambientales</i>	46
4.3. <i>Análisis biológico y bioquímico</i>	47
4.3.1. <i>Exploración y análisis de datos biológicos</i>	48
4.3.2. <i>Desarrollo de bioprocesos para recuperar aguas contaminadas</i>	49
4.4. <i>Establecimiento de un plan de tratamiento de aguas contaminadas</i>	49
4.5. <i>Presentación de resultados</i>	50
4.6. <i>Diagnóstico de la problemática</i>	50
4.7. <i>Minería de datos</i>	55
4.7.1. <i>Aplicación de K-Means para extraer un consorcio bacteriano</i>	59
4.8. <i>Análisis de redes neuronales</i>	62
4.8.1. <i>Método de correlación</i>	63
4.8.2. <i>Función neuronal</i>	64
4.8.3. <i>Resultado de la red neuronal de clasificación</i>	64
4.8.3.1. <i>Modelo de red neuronal</i>	66
4.8.4. <i>Modelo de clasificación por k-means</i>	70
CAPÍTULO V	73
5. <i>Sugerencias</i>	73

5.1. <i>Tratamientos del cianuro</i>	73
5.2. <i>Biotratamiento de cianuro de sodio</i>	73
5.3. <i>Especies bacterianas para biorremediar cianuro</i>	74
5.4. <i>Biodegradación del cianuro</i>	75
5.5. <i>Biorreactores</i>	75
5.6. <i>Factores controlables en la biorremediación</i>	76
<i>Conclusiones y Recomendaciones</i>	77
<i>Conclusiones</i>	77
<i>Recomendaciones</i>	77
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	78

Resumen

La minería ilegal genera grandes impactos sociales, económicos y ambientales principalmente en las comunidades directamente involucradas en este sistema que sería aquellas en donde geográficamente están ubicadas las minas. En el caso de la minería aurífera, el proceso de recuperación del metal requiere de la aplicación de sustancias altamente contaminantes y difíciles de controlar como es el caso del mercurio, ácidos, bases o cianuros que son encargados de captar el oro contenido en los concentrados auríferos y su proceso requiere de grandes cantidades de agua que son liberadas directamente a los cuerpos lóticos. Por esta razón se requiere de investigaciones y planes de biorremediación que permitan reducir la concentración y toxicidad producida por esta sal. Para ello, se propone el uso de la ciencia de datos e inteligencia artificial para generar un modelo matemático que se ajuste a las condiciones ambientales de las zonas contaminadas y así mediante la selección de microorganismos resistentes al ambiente contaminado se puedan diseñar planes de remediación que generen aportes socioambientales y de bajo costo operativo. En este proyecto se obtuvo que las especies bacterianas: *P. putida*, *P. stutzeri*, *P. aeruginosa*, *B. tequilensis* y *B. pumilus* son las especies de mayor eficiencia degradativa, sin embargo, su nivel de degradación depende de las condiciones fisicoquímicas como es el caso del pH y temperatura. Los modelos matemáticos generados por las redes neuronales GMDH proponen que la eficiencia de estas especies alcanza valores entre 79 y 83 % y su vínculo con el pH y temperatura se comportará conforme a las ecuaciones emitidas por los modelos. En conclusión, la ciencia de datos permitió diseñar un plan de remediación de aguas cianuradas.

Palabras clave: Minería, ciencia de datos, cianuro de sodio, oro, biorremediación