



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Revisión Sistemática: Quelantes Biodegradables para el
Tratamiento de Suelos Contaminados por Minería**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Sánchez Quiroz, Patricia Haydee (ORCID: 0000-0002-6537-6661)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (ORCID: 0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA: Este trabajo se lo dedico a mi Madre Hayde quien me impulso a continuar con mis estudios, sé que desde cielo nos cuidas y a mi querida hija Xiomara que es mi fuerza para poder seguir adelante. Las amo mucho.

AGRADECIMIENTO:

En primer lugar agradecer a Dios por permitirme culminar y tener una grata experiencia en la universidad, Gracias a mi universidad y docentes por la paciencia y dedicación.

ÍNDICE DEL CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	v
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III.METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	13
3.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización.....	14
3.3. Escenario de estudio.....	15
3.4. Participantes	15
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.6. Procedimiento.....	15
3.7. Rigor científico.....	17
3.8. Método de análisis de información.....	18
3.9. Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
V. CONCLUSIONES.....	28
VI.RECOMENDACIONES.....	29
VII.REFERENCIAS.....	30
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Fuentes, efectos toxicológicos y límites permisibles de algunos metales pesados y metaloides.

Tabla N°2: Efectos sobre la salud humana por actividad minera

Tabla N°3: Antecedentes

Tabla N° 4. Matriz de categorización apriorística

Tabla N°5: Criterios científicos

Tabla N°6: Clasificación de agentes quelantes

Tabla N°7: Métodos de aplicación de agentes quelantes

Tabla N°8: Ventajas y desventajas en aplicación de agentes quelantes

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°1: Procedimiento de selección

Gráfico N°2: Métodos de aplicación de agentes quelantes en suelo contaminados

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

EDTA: Etileno diamina tetraacético

GLDA: N-diacético

EDDS: Disuccinato de etilendiamina

IDSA: Ácido iminodisuccínico

NTA: Ácido dietilentriacético

CA: Ácido cítrico

APC: Quelantes de aminopolicarboxilato

RESUMEN

De acuerdo a la presente revisión sistemática se planteó como objetivo analizar los aspectos más relevantes del estudio de quelantes biodegradables aplicado como tratamiento de suelos contaminados por minería y como objetivos específicos: definir los agentes quelantes más aprovechados para el tratamiento de suelos contaminados por minería, determinar los métodos de aplicación de los agentes quelantes biodegradables en los suelos contaminados por actividad minera y por último describir las ventajas y desventajas de la aplicación de quelantes biodegradables para el tratamiento de suelos contaminados por minería; obteniendo que los agentes quelantes más aprovechados para el tratamiento de suelos contaminados por minería son en un 59% los compuestos fuertes, de acuerdo a su poder complejante, el 27% quelatos acomplejantes débiles y un 14% por acomplejante medio. Los métodos de aplicación de los agentes quelantes biodegradables en los suelos contaminados por actividad minera son por tratamientos fisicoquímicos como la fitoextracción, siendo demostrado por el 70% de los estudios y un 30% mediante tratamientos biológicos; además, los agentes quelantes de poder acomplejante fuerte en especial el EDTA presenta mayor ventaja sobre los de poder acomplejante medio o débil, clasificando estos a los quelantes biodegradables; ya que, presentan mayor eficiencia de la remediación y la seguridad ambiental.

Palabras clave: Quelantes biodegradables, suelos, minería, metales pesados, suelos contaminados, tipos de quelatos.

ABSTRACT

According to this systematic review, the objective was to analyse the most relevant aspects of the study of biodegradable chelating agents applied as a treatment for mining-contaminated soils, and the specific objectives were as follows to define the most widely used chelating agents for the treatment of soils contaminated by mining, to determine the methods of application of biodegradable chelating agents in soils contaminated by mining activity and, finally, to describe the advantages and disadvantages of the application of biodegradable chelating agents for the treatment of soils contaminated by mining; The results show that the most used chelating agents for the treatment of soils contaminated by mining are 59% strong compounds, according to their complexing power, 27% weak complexing chelates and 14% medium complexing chelates. The methods of application of biodegradable chelating agents in soils contaminated by mining activity are by physicochemical treatments such as phytoextraction, being demonstrated by 70% of the studies and 30% by biological treatments; in addition, the chelating agents of strong complexing power, especially EDTA, have a greater advantage over those of medium or weak complexing power, classifying these as biodegradable chelating agents, since they present greater remediation efficiency and environmental safety.

Key words: Biodegradable chelators, soils, mining, heavy metals, contaminated soils, types of chelates.

I. INTRODUCCIÓN

La industria minera es un factor principal de desarrollo económico en un país y una fuente importante de contaminación ambiental por metales pesados; esto debido a las peculiaridades de la migración de metales pesados en el medio ambiente de las ciudades, así como las formas finales de las zonas contaminadas y condiciones de su formación dependen en gran medida de las características de acumulación y características de barrera de los suelos (Tepanosyan et al., 2018, p.2).

Los sectores de desarrollo intensivo de las industrias del acero, la minería y el transporte se convirtieron en una importante fuente de contaminación ambiental, especialmente por las emisiones de polvo a la atmósfera procedentes de las acerías, las centrales eléctricas, las minas y los vertederos de residuos de postflotación, que suelen estar ubicados en zonas vecinas; debido a ello, el paisaje natural fue transformado por las escombreras y vertederos y la superficie de suelo apta para cultivo se redujo considerablemente (Kicinska A. y Wilkar J., 2021, p.1).

Los campos de cultivo utilizados por la población local para el cultivo de frutas y verduras para sus propias necesidades estaban y siguen estando situados en las proximidades de las zonas mineras (Cortada et al., 2018, p.1). La evaluación, el mecanismo y las características de la contaminación por metales pesados en las proximidades de la mina han sido objeto de acalorados debates en los últimos años en todo el mundo (Liao L. y Li Q., 2008, p.207). Ya que, la industria minera ha producido y seguirá produciendo grandes cantidades de residuos mineros; se calcula que desde entonces se han extraído 1 150 millones de toneladas de metales pesados (cobre, plomo, hierro, zinc, cadmio y cromo) se han extraído desde la Edad de Piedra, y se calcula que la producción real de residuos mineros oscila entre 5.000 y 7.000 millones de toneladas al año en todo el mundo (Ceniceros et al., 2018, p.2).

Debido a ello, la necesidad de retener material no contaminado en el sitio ha llevado a un aumento en el uso de métodos para descontaminar suelos y aguas subterráneas en lugar de usar sistemas de ingeniería de remoción, entierro o contención. Uno de los métodos más utilizados para tratar terrenos contaminados

ha sido el recubrimiento de materiales con una capa de remate impermeable o de baja permeabilidad (Richards et al., 1993, p.307).

En tal sentido se aplica la viabilidad de mejorar suelos muy contaminados con hidrocarburos o metales pesados, en base a técnicas de descontaminación no destructivas (Pizarro et al., 2016, p.2). Para ello, la aplicación de agentes quelantes se puede asociar con la fitorremediación con el fin de reducir el tiempo necesario para la rehabilitación de suelos contaminados con metales pesados (Cao et al., 2007, p.1). Siendo demostrado que los quelatos sintéticos desorben los metales pesados de la matriz del suelo a la solución del suelo y el lavado de suelos con quelantes es un método prometedor y eficaz para remediar suelos contaminados con metales por diversas actividades como la minería (Wang et al., 2018, p.1).

En base a la realidad problemática planteada se elaboró el problema general:

¿Cuáles son los aspectos más relevantes del estudio de quelantes biodegradables aplicado como tratamiento de suelos contaminados por minería?

Obteniendo de esta manera los siguientes problemas específicos: ¿Cuáles son los agentes quelantes más aprovechados para el tratamiento de suelos contaminados por minería?, ¿Cuáles son los métodos de aplicación de los agentes quelantes biodegradables en los suelos contaminados por actividad minera? Y ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la aplicación de quelantes biodegradables para el tratamiento de suelos contaminados por minería?

De acuerdo a los problemas planteados se elaboró el objetivo general:

Analizar los aspectos más relevantes del estudio de quelantes biodegradables aplicado como tratamiento de suelos contaminados por minería

Y como objetivos específicos: Definir los agentes quelantes más aprovechados para el tratamiento de suelos contaminados por minería, Determinar los métodos de aplicación de los agentes quelantes biodegradables en los suelos contaminados por actividad minera y por último Describir las ventajas y desventajas de la aplicación de quelantes biodegradables para el tratamiento de suelos contaminados por minería.

En la actualidad existe una necesidad por rescatar la pérdida de flora de los lugares aledaños de las actividades mineras, por lo cual se buscan diversas técnicas para mejorar este recurso, en base a ello la presente investigación se justifica teóricamente, buscando brindar una actualización a nivel de Latinoamérica que se pretende realizar con el fin de servir como fuente actualizada para futuros investigadores, que pretendan abordar el tema de la contaminación minera en el suelo, contribuyendo así con la sociedad y futuros estudios.

II. MARCO TEÓRICO

La actividad minera está causando una contaminación del suelo más generalizada también fuera de los sitios mineros activos, donde las concentraciones de mercurio y otros contaminantes en el suelo podría provenir de la contaminación (Yevugah et al., 2021, p.1). Pero la industria minera procesa cada año millones de toneladas de mineral > 95% del cual se elimina en forma de rocas de desecho y relaves de minas, siendo estas últimas partículas de roca finamente molidas generadas durante el procesamiento de materiales minerales y la separación de minerales metálicos objetivo, y son altamente reactivas debido a su pequeño tamaño de partícula y contenido de minerales reactivos, como pirita (FeS_2) (Ahmadi et al., 2015, p.1).

La extracción de minerales produce cantidades importantes de desechos y los materiales de desecho tienen un gran impacto en los alrededores, por lo general, los desechos de la operación de la mina no tienen valor económico, por tanto, su explotación no es rentable, sin embargo, tienen una alta posibilidad de presentarse como un peligro duradero e inducir un deterioro ambiental repetidamente (Agboola et al., 2020, p.2).

También, la naturaleza de la minería y el enfoque en el que se trata el mineral dependen de su composición química y física (Falagán et al., 2017, p.1). Y los materiales de desecho de la minería de metales, como los relaves minerales, a menudo contienen cantidades significativas de metales potencialmente contaminantes, donde, como en muchas operaciones históricas, las eficiencias de las tecnologías de flotación utilizadas para concentrar los minerales objetivo no son tan buenas (Bryan et al., 2006, p.3).

Los relaves mineros pueden contener metales de transición básicos, como hierro, cobre, níquel y zinc, en concentraciones relativamente altas y el principal elemento perjudicial del mineral es el azufre, que está presente en forma de sulfuros metálicos como la pirita y la calcopirita; donde estos minerales de sulfuro se separan principalmente de los óxidos de hierro mediante un proceso de flotación inversa en el que se produce un material de baja ley que contiene cobre, níquel y cobalto como la parte flotada (Xie et al., 2005, p.3). Por ello, constantemente las

industrias mineras son condenadas por verter desechos sin tomar las precauciones requeridas y los materiales peligrosos que se generan en las operaciones mineras son principalmente desechos que tienen minerales sulfurados reactivos como la pirita o pirrotita y se pueden ver en lugares como cortes abiertos, vertederos de desechos, paredes de pozos, embalses, plataformas de lixiviación, instalaciones de eliminación de relaves, ubicaciones de derrames de relaves, huellas restantes al final de la extracción de relaves y la caída de una mezcla de desechos dentro del área y en las fronteras de propiedades mineras anteriores (twardowska et al., 2004, p.1).

La industria minera tiene un impacto considerable en el medio ambiente y en ello la contaminación del suelo por elementos potencialmente dañinos debido a las actividades de minería y fundición, siendo este un problema mundial (Bech J., Roca N. y Tume P., 2017, p.4). Existen en diversas formas en el suelo, como los iones metálicos libres, los complejos metálicos solubles y los minerales de carbonato y silicato, lo que los hace más biodisponibles para el medio ambiente. Siendo los diversos metales pesados su fuente de generación en gran medida la actividad minera, como se muestra en la Tabla N°1.

Metales	Fuente	Formas de existencia	Efecto en las plantas	Efecto en los animales	Límite EPAa (ppm)
Arsénico (As)	Intemperie de las rocas, minería	Formas inorgánicas y metiladas formas inorgánicas	Estrés oxidativo, Trastornos fisiológicos	Cáncer de piel, trastornos respiratorios	0.01
Cadmio (Cd)	Refinería, minería, fertilizantes	Fosfatos marinos	Reducción de la germinación de las semillas	Cáncer de próstata, atrofia testicular	5.0
Cromo (Cr)	Pinturas, textiles	Ferrocromos	Clorosis, crecimiento reducido	Cáncer de pulmón, enfermedad hepática	0.1
Cobre (Cu)	Pulido, chapado	Sulfuros y calcosina	Estrés oxidativo	Daño renal, trastorno metabólico	1.3
Mercurio (Hg)	Erupciones volcánicas, minería, baterías	Forma elemental, inorgánica y forma metilada	Efectos genotóxicos	Ataxia, ceguera	2.0

Plomo (Pb)	Galvanoplastia, minería	Formas orgánicas	Inhibición de la actividad enzimática	Daño neuronal, nefropatía	15
Níquel (Ni)	Minería, esmaltado de porcelana	Sales inorgánicas de hierro y azufre	Reducción de la absorción de nutrientes	Cáncer de pulmón y nasal	de 0.2 y
Selenio (Se)	Combustión del carbón, minería	Sales inorgánicas de sodio	Alteración de las propiedades de las proteínas	Sistema endocrino Disfunción del sistema endocrino	50

Tabla N°1: Fuentes, efectos toxicológicos y límites permisibles de algunos metales pesados y metaloides.

Fuente: Modificado de Pathak et al., 2020, p.4

Los suelos que han pasado por una explotación minera presentan cambios en el suelo debido a diversos factores; entre los cambios se destacan; clase textural desequilibrada, ausencia o baja presencia de la estructura edáfica, propiedades químicas anómalas, disminución o desequilibrio en el contenido de nutrientes fundamentales, ruptura de los ciclos biogeoquímicos, baja profundidad efectiva, dificultad de enraizamiento, baja capacidad de cambio, baja retención de agua y presencia de compuestos tóxicos (Puga et al., 2006, p.3).

La actividad de la minería podría considerarse un indicador de la contaminación del suelo por metales pesados, donde los efectos observados de las concentraciones de metales pesados en las actividades de las enzimas del suelo señalaron las posibles alteraciones de los ciclos de nutrientes del suelo, así como la degradación de la calidad del suelo (Osores et al., 2012, p.2).

En Latinoamérica, el Observatorio Latinoamericano de Conflictos Mineros afirma que cerca del 90% de los países están actualmente afectados por las externalidades negativas de las actividades mineras y la conflictividad social en América Latina. Los países con más conflictos relacionados con la minería son Perú, México y Chile; estos tres países comparten una larga historia minera con una contaminación asociada al legado minero (Salem et al., 2018, p.2).

Los metales pesados se encuentran en la mayoría de los suelos, y en altas concentraciones pueden causar varios tipos de daños a los seres humanos, las plantas y los animales (Zhao et al., 2012, p.2). La mayoría de los metales pesados

también se enriquecen a través de la cadena alimentaria, lo que puede dañar la salud humana; como la exposición crónica al Cd, que puede tener efectos como cáncer de pulmón, lesiones proliferativas prostáticas, fracturas óseas, disfunción renal e hipertensión. La exposición crónica al As por vía oral y por inhalación puede provocar lesiones cutáneas y cáncer de pulmón, respectivamente; la exposición al Pb puede provocar plumbismo, anemia, nefropatía, cólicos gastrointestinales y síntomas del sistema nervioso central (Zukowska J. y Biziuk M., 2008, p.1).

PAÍS	UBICACIÓN	EFEECTO	COMENTARIO
Filipinas	Mindanao	Pérdida de la memoria, dificultad para dormir, gusto metálico.	Exposición a una combinación vapor de Hg, mercurio, característica de áreas de minería aurífera en el tercer mundo.
Indonesia	Galangan, Kaliuantan y Talawaan, Sulawesi	Despordenes del movimiento: Ataxia, tremor.	Intoxicación crónica por mercurio fue observada en las personas encargadas de quemar las amalgamas y en niños expuestos que viven en los asentamientos mineros.
Indonesia y Zimbabue	Áreas de minería Artesanal de oro	Ataxia	Muchos niños inician el contacto directo con mercurio a los 7 años de edad.
Nicaragua	Bonanza	Afectación de la audición	Hg, Pb, Al, Mn, As en uñas por encima de los niveles de referencia.
Nigeria	Estado de Zamfara	Muerte de aproximadamente 400 niños, afectando a otros miles.	El procedimiento del mineral aurífero produjo la contaminación del suelo con plomo, a niveles hasta de 185.00ppm.

Tabla N°2: Efectos sobre la salud humana por actividad minera
Fuente: Modificado de Lopez et al., 2016, p.3

También, la ingesta alimentaria es la principal vía de exposición para la mayoría de las personas, aunque la inhalación puede desempeñar un papel importante en lugares muy contaminados; característicamente, los vegetales pueden absorber una gran cantidad de nutrientes esenciales junto con ciertos oligoelementos en un periodo corto (Hu et al., 2014, p.2).

Por tal motivo, existen diversas tecnologías de remediación actuales que utilizan agentes quelantes para la movilización y eliminación de metales potencialmente tóxicos de suelos contaminados (Li M., 2006, p.1). Entre las tecnologías, la

aplicación de agentes quelantes es uno de los más prometedores, ya que podría permitir la eliminación de iones metálicos conservando las propiedades más significativas de los suelos originales (Nurchi et al., 2020, p.2).

Los agentes quelantes son compuestos orgánicos, generalmente de alto peso molecular, que reaccionan con los iones de magnesio para formar una estructura de anillo a través del par solitario de electrones en los átomos de oxígeno o nitrógeno del reactivo (Srivastava S. y Flora S., 2020, p.1). Estos agentes inducen la desorción de metales pesados que están fuertemente unidos a las partículas del suelo y forman complejos solubles en agua con los metales pesados en el suelo para facilitar la absorción de metales pesados por las plantas (Roychowdhury et al., 2018, p.1).

Los agentes quelantes proporcionan un sitio de unión específico para que los metales se unan y formen un precipitado (Flora et al., 2009, p.3) y los agentes de uso común son trimercaptotriazina, tiocarbonato de sodio / potasio y dimetilditiocarbamato de sodio. Existen agentes quelantes específicos desarrollados para metales específicos: 1,3-benzenodiamidoetanotiol para la contaminación por mercurio, N, N 0- bis - (ditiocarboxi) piperazina y 1,3,5-hexahidrotiazinditiocarbamato para metales pesados complejos, etil xantato de potasio para eliminar los iones de cobre de aguas residuales y dipropil ditiofosfato para la recuperación de plomo, cadmio, cobre y mercurio (Koelmel et al., 2016, p.4).

Y está demostrado que los agentes quelantes sintéticos y los tensioactivos como el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), el ácido etilenbis (oxietilenitrilo) tetraacético (EGTA), el ácido 1,2-ciclohexilendinitrilotetraacético (CDTA), el ácido dietilentriaminopentaacético (DTPA) y el ácido cítrico mejoran la tasa de absorción de metales pesados (HM) haciéndolos más biodisponibles para las plantas (Pathak et al., 2020, p1).

Entre las tecnologías de remediación actual está, el lavado del suelo ex situ con extractantes sintéticos como los quelantes de aminopolicarboxilato (APC), que viene siendo una alternativa de tratamiento viable para la remediación de sitios contaminados con metales (Begum et al., 2012, p.1).

El lavado de suelos es una de las pocas alternativas de tratamiento duraderas, que utiliza procesos físicos y químicos, o ambos, para confinar los contaminantes en los suelos, donde la descontaminación del suelo por tratamiento de lavado puede llevarse a cabo mediante operaciones in situ o ex situ (Dermont et al., 2008, p.2). Los quelantes de aminopolicarboxilato (APC), como el ácido edético (EDTA) y sus homólogos, se utilizan habitualmente en los procesos de lavado de suelos ex situ debido a su capacidad para interactuar con la mayoría de los metales tóxicos (Lestan et al., 2008, p.2).

Otras de las tecnologías de remediación es la fitorremediación de estos metales pesados en la cual se aplican agentes quelantes o tensioactivos para mejorar la tasa de absorción de los metales volviéndolos más biodisponibles en las plantas; y un aumento en la movilidad de los metales en el suelo debido a estos productos químicos, compensa la capacidad de absorción relativamente baja de los no hiperacumuladores, mejorando así su potencial de absorción general y su utilidad (He Y., 2012, p.1). La aplicación de agentes quelantes ha mostrado efectos positivos en el aumento de la solubilidad de los metales pesados en el suelo y, por tanto, en la mejora de la fitoextracción

Debido a lo expuesto, los agentes quelantes naturales o antropogénicos son importantes para movilizar metales y radionucleidos en el medio ambiente, suelo o agua; debido a ello se ha expuesto 15 de los antecedentes más relevantes en la Tabla N°3 acerca de las diferentes tecnologías que emplean agentes quelantes para eliminar o descontaminar los HM del suelo, así como los tipos de quelantes empleados.

Tabla N°3: Antecedentes

Investigación	Tecnología de aplicación	Tipo de quelante	Autor
Lavado de suelos con agentes quelantes biodegradables y EDTA: viabilidad tecnológica, eficacia de la remediación y sostenibilidad medioambiental	Lavado de suelos	EDTA y GLDA, EDDS e IDS biodegradables	Kaurin et al., 2020

Fitoextracción de metales pesados del suelo asistida por quelatos. Efecto, mecanismo, toxicidad y destino de los agentes quelantes	Fitoextracción basada en plantas	Agentes quelantes naturales: Disuccinato de etilendiamina y ácido nitrilotriacético	Evangelou et al., 2017
Agentes quelantes en la rehabilitación de suelos: Un nuevo método para la elección pragmática del quelante adecuado	Remediación	EDTA	Nurchi et al., 2020
Eliminación de metales pesados de suelos contaminados con agentes quelantes	Eliminación de cobre y níquel por adición de quelantes biodegradables	Quelante biodegradable, quitosano y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)	Wei et al., 2021
Mejora de la recuperación de suelos mediante el uso de estabilizadores y agentes quelantes en un proceso tipo Fenton	Oxidación química in situ (CIUO)	EDTA, l-ácido ascórbico, ácido gálico, ácido cítrico, citrato sódico monohidratado (CITRm), citrato sódico 2-hidrato (CITRt).	Vicente et al., 2011
Los efectos interactivos entre el quelante y los campos eléctricos sobre el riesgo de lixiviación de los metales y la eficiencia de fitorremediación de <i>Eucalyptus globulus</i>	Combinación de fito y electroremediación	Etileno diamina tetraacético (EDTA)	Luo et al., 2018
La influencia de la humedad en los efectos residuales de los quelatos de zinc naturales aplicados a dos suelos diferentes	Filtros de membrana	Quelantes naturales: Zn-aminolignosulfonato [Zn-AML] Zn-polihidroxifenilcarboxilato [Zn-PHP] Zn-etilendiamina disuccinato [Zn-EDDS]	Almendros et al., 2013
Aplicación del enfoque electrocinético mejorado para remediar suelos contaminados con Cr: Efecto de los agentes quelantes y de la barrera reactiva permeable	Técnica electrocinética	EDTA y ácido cítrico (CA)	Nasiri et al., 2020
Eliminación de plomo y otros metales tóxicos en	Lavado en el suelo	Sal tetrasódica del ácido N, N-dicarboximetil	Van et al., 2021

suelos muy contaminados utilizando quelantes biodegradables: GLDA, ácido cítrico y ácido ascórbico		glutámico (GLDA), ácido ascórbico y ácido cítrico	
Aminoácidos naturales como quelantes potenciales para la recuperación de suelos	Remediación	EDTA	Dolev et al., 2020
Remediación de suelos contaminados con metales pesados mediante lavado inducido por quelantes biodegradables: eficiencias y mecanismos	Lavado inducido	Ácido iminodisuccínico (ISA), el ácido glutamato-N, N-diacético (GLDA), ácido glucomonocarbónico (GCA) y el ácido poliaspártico (PASP)	Wang et al., 2020
Fitorremediación de suelos contaminados con uranio y cadmio por girasol (<i>Helianthus annuus</i> L.) mejorada con agentes quelantes biodegradables	Fitorremediación inducida	Ácido cítrico (CA), ácido oxálico (OA) y disuccinato de etilendiamina (EDDS)	Chen Y. y Wang D., 2020
La adición de agentes quelantes degradables mejora la eficiencia de la fitorremediación del maíz en suelos contaminados con Cd	Fitorremediación inducida	Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), ácido dietilentriacético (NTA), N, N-diacetato tetrasódico (GLDA), éter de ácido aspartato dibutírico (AES) y ácido iminodisuccínico (IDSA)	Yang et al., 2021
Extractos de frutas de <i>Phyllanthus emblica</i> acentuar la tolerancia y la acumulación de cadmio en <i>Platycladus orientalis</i> : Un nuevo quelato natural para fitoextracción	Fitoextracción	<i>Phyllanthus emblica</i> El extracto de fruta (FPE)	Guo et al., 2021
Remediación electrocinética mejorada de suelos contaminados con metales pesados por agentes complejantes biodegradables	Electrocinética	Alginato de sodio (SA) y quitosano (CTS)	Wang et al., 2021

III. METODOLOGÍA

3.2. Tipo y diseño de investigación

El presente estudio es de tipo aplicada; ya que el investigador de la investigación aplicada tiene un mayor interés que el investigador de una investigación pura, debido a que pretende llevar la investigación más allá del análisis hacia los ámbitos de aplicación de los resultados y monitorear los efectos de las estrategias propuestas (Gallosó M., 2010, p.3). Este tipo de investigación es la empleada en el presente estudio. De acuerdo con Driskell J. et al., (2014, p.1) la investigación experimental aplicada es una investigación experimental que aplica o extiende la teoría a un problema identificado del mundo real con un resultado práctico en mente

Además, se presenta un diseño narrativo de tópico, ya que, Los colaboradores utilizan historias como objetos de datos para recopilar, analizar y criticar; historias como un enfoque para investigar una indagación; el análisis narrativo como forma de cristalizar argumentos y supuestos; y la narración de historias como una forma de comprender, comunicar e influir en los demás (Moezzi et al., 2017. P.1). y es empleado ya que se va a narrar las experiencias y resultados obtenidos por los investigadores acerca de la aplicación de quelantes biodegradables para el tratamiento de suelos contaminados por minería.

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

Tabla N° 4. Matriz de categorización apriorística

Objetivos específicos	Problemas específicos	Categorías	Sub categoría	Criterio 1
Definir los agentes quelantes más aprovechados para el tratamiento de suelos contaminados por minería	¿Cuáles son los agentes quelantes más aprovechados para el tratamiento de suelos contaminados por minería?	Clasificación de agentes quelantes (Agboola et al., 2020, p.2)	Agente quelante Fuertes Agente quelante Medios Agente quelante Débiles (Cruz et al., 2018, p.1).	De acuerdo al poder acomplejante de los quelatos
Determinar los métodos de aplicación de los agentes quelantes biodegradables en los suelos contaminados por actividad minera	¿Cuáles son los métodos de aplicación de los agentes quelantes biodegradables en los suelos contaminados por actividad minera?	Métodos de aplicación (Klein y Fischer, 2019)	Disolución nutritiva Aplicación foliar fitoextracción inducida (Zhang et al, 2019).	De acuerdo a la aplicación o química
Describir las ventajas y desventajas de la aplicación de quelantes biodegradables para el tratamiento de suelos contaminados por minería.	¿Cuáles son las ventajas y desventajas de la aplicación de quelantes biodegradables para el tratamiento de suelos contaminados por minería?	Ventajas y desventajas en aplicación de quelantes biodegradables (Bergmann et al., 2019)	Fitotoxicidad Incremento de la adsorción de metales Contaminación de aguas subterráneas Poca estabilidad (Abbasi et al., 2019).	De acuerdo al quelato aplicado para el tratamiento de suelos contaminados por minería

3.3. Escenario de estudio

Al presentar una revisión sistemática; se considerará como escenario de estudio a los lugares en los que los investigadores realizaron sus estudios experimentales; encontrando tal información en los artículos científicos extraídos a nivel nacional e internacional.

3.4. Participantes

Los participantes del presente estudio comprenden las diversas literaturas extraídas, siendo ellas artículos científicos y revistas académicas electrónicas, provenientes de páginas y portales web como; Sciencedirect, Redalyc, Scopus y Scielo; lo cuales sirven de apoyo a la información plasmada en la investigación, las cuales permiten mantener la certeza de emplear documentos acreditados.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

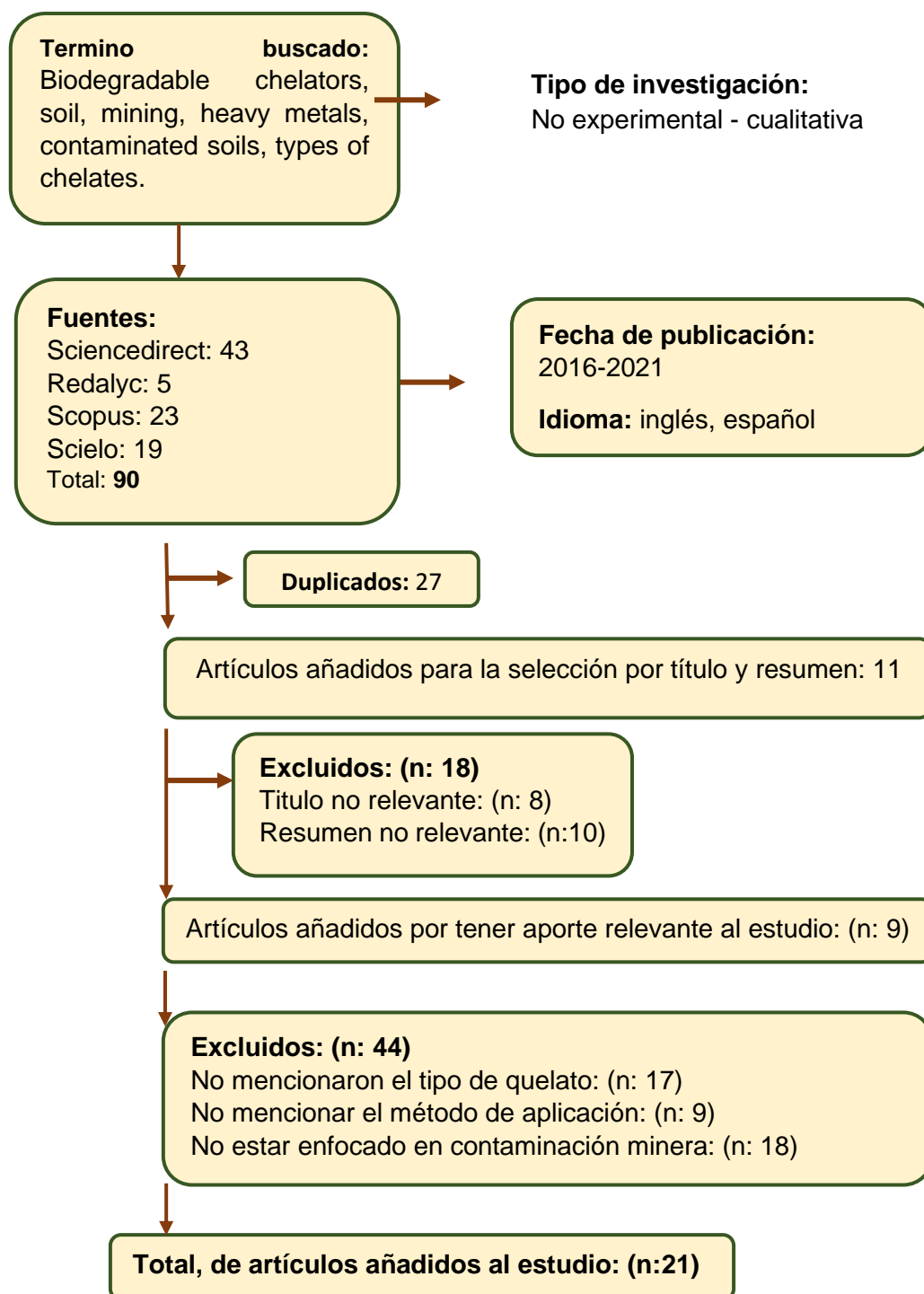
La técnica utilizada es el análisis documental; esta técnica consiste en extraer todo su significado de un texto para transmitirlo a quien lo necesite; es considerado como una operación técnica profesional, por supuesto, pero ante todo un proceso intelectual; tras la etapa intelectual de análisis documental, los productos de este análisis, el resumen documental y la indexación permiten la investigación documental (hoy especialmente en bases de datos) (Suzanne W., 2000, p.14).

El instrumento de recolección de datos que empleada es la ficha de análisis de contenido que se encuentra en el Anexo 1; este es una tecnología de procesamiento de datos preexistente. El análisis de contenido es un conjunto de herramientas metodológicas cada vez más refinadas y en constante perfeccionamiento que se aplican a "discursos" muy diversos y que se basan tanto en la deducción como en la inferencia (Mucchielli A., 2006, p.5).

3.6. Procedimiento

El procedimiento que siguió este estudio se refleja en la tabla 3; y consiste en la selección de los artículos añadir al estudio; los cuales son seleccionados siguiente criterios y lineamientos como lo indica la guía de productos observables de la Universidad Cesar Vallejo.

Gráfico N°1: Procedimiento de selección



3.7. Rigor científico

El presente estudio cualitativo cuenta con el rigor dentro de la investigación; debido a que el rigor académico de la investigación, es decir, su “validez y confiabilidad”, es extremadamente importante para el investigador cualitativo y, por lo tanto, exige mucha atención; y la investigación demostrar el "valor de verdad" y esto debe ser coherente en los términos y métodos utilizados para demostrarlo (Ash J. y Guappone K., 2007, p.7).

Tabla N°5: Criterios científicos

Credibilidad (con preferencia a la validez interna)	Transferibilidad (de preferencia a validez / generalización externa)	Confirmabilidad (en preferencia, a la objetividad)	Fiabilidad (en lugar de fiabilidad)
Es la confianza en la "verdad" de los hallazgos. Esto es aplicado mediante la cita correspondiente de cada estudio, detallando datos del autor como: nombres, año y página. (Erlingsson C. y Brysiewicz P., 2012, p.1).	Este criterio demuestra que los hallazgos tienen aplicabilidad en otros contextos. Esto puede llevarse a cabo asegurándose de que el investigador proporcione “descripciones detalladas” del fenómeno en discusión. Y se aplica en base a la aplicabilidad del estudio en otros contextos. (Erlingsson C. y Brysiewicz P., 2012, p.1).	Es un grado de neutralidad o la medida en que los encuestados moldean los resultados de un estudio y no el sesgo, la motivación o el interés del investigador. (Erlingsson C. y Brysiewicz P., 2012, p.1).	Es demostrar que los hallazgos son consistentes y podrían repetirse. Esto se lleva a cabo asegurándose de que los procesos dentro de la investigación se hayan informado en detalle para que puedan ser replicados por otro; esto se da mediante la cita correspondiente de cada autor. (Erlingsson C. y Brysiewicz P., 2012, p.1).

3.8. Método de análisis de información

El método aplicado para el análisis de la información fue basado en el problema planteado; para determinar cómo el uso de los quelantes biodegradables mejora la contaminación del suelo por minería. Para ello se hizo uso del método de triangulación y la matriz de categorización; detallada en el punto 3.2; de donde se extrajeron las categorías y sub categorías de los objetivos y problemas específicos; para brindar resultados más exactos y puntuales acerca de los quelantes biodegradables para el tratamiento de suelos contaminados por minería.

3.9. Aspectos éticos

Los aspectos éticos en este estudio se obtuvieron siguiendo la referencia de los autores de acuerdo a la Norma ISO 690-2, así como el código de ética de la Universidad Cesar Vallejo y la Guía de productos observables designado por la resolución rectoral 0089-2019; lo cual acredita la veracidad de la información proporcionada en el presente trabajo, así como la honestidad y responsabilidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la realidad problemática abordada; se busca analizar los aspectos más relevantes del estudio de quelantes biodegradables aplicado como tratamiento de suelos contaminados por minería; para lo cual se van a desarrollar 3 puntos; siendo el primero la definición de los agentes quelantes más aprovechados para el tratamiento de suelos contaminados por minería; mostrando los resultados en la tabla 6:

Tabla N°6: Clasificación de agentes quelantes

Clasificación	Tipo de agente quelante	Autor (es)	Número de veces
Poder acomplexante fuerte	EDTA y GLDA, EDDS e IDS biodegradables	Kaurin Anela et al., 2020	13
	Disuccinato de etilendiamina y ácido nitrilotriacético / EDTA y NTa	Evangelou et al., 2017	
	Etileno diamina tetraacético (EDTA)	Nurchi et al., 2020	
	Quelante biodegradable, quitosano y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)	Wei et al., 2021	
	Etileno diamina tetraacético (EDTA)	Vicente et al., 2011	
	Etileno diamina tetraacético (EDTA)	Luo et al., 2018	
	Etileno diamina tetraacético (EDTA)	Nasiri et al., 2020	
	Etileno diamina tetraacético (EDTA)	Dolev et al., 2020	
	Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), ácido dietilentriacético (NTA), N, N-diacetato tetrasódico (GLDA), éter de ácido aspartato dibutírico (AES) y ácido iminodisuccínico (IDSA)	Yang et al., 2021	
	DA-6, EDTA	Huang Rong et al., 2021	
	Ácido cítrico (CA), Ácido glutámico-N,N-diacético (GLDA)	Diarra Ivan et al., 2021	
	Etileno diamina tetraacético (EDTA)	Ryu So Ri et al., 2017	
	Etileno diamina tetraacético (EDTA)	Avilés María et al., 2018	

Poder acomplejante medio	Ácido iminodisuccínico (ISA), el ácido glutamato-N, N-diacético (GLDA), ácido glucomonocarbónico (GCA) y el ácido poliaspártico (PASP)	Wang et al., 2020	3
	Ácido cítrico (CA), ácido oxálico (OA) y disuccinato de etilendiamina (EDDS)	Chen Y. y Wang D., 2020	
	Disuccinato de etilendiamina (EDDS).	Diarra Ivan et al., 2021	
Poder acomplejante débil	l-ácido ascórbico, ácido gálico, ácido cítrico, citrato sódico monohidratado (CITRm), citrato sódico 2-hidrato (CITRt)	Vicente et al., 2011	6
	Ácido cítrico (CA)	Nasiri et al., 2020	
	Sal tetrasódica del ácido N, N-dicarboximetil glutámico (GLDA), ácido ascórbico y ácido cítrico	Van et al., 2021	
	Phyllanthus emblica El extracto de fruta (FPE)	Guo et al., 2021	
	Alginato de sodio (SA) y quitosano (CTS)	Wang yuchen et al., 2021	
	Ácido ascórbico, ácido oxálico y ditionito.	Ryu So Ri et al., 2017	

De acuerdo con Gul Iram et al., (2021, p.13) los agentes quelantes se encuentran clasificados en agentes quelantes fuertes por: EDTA, HEEDTA, DPTA, EDDHA, NTA; agentes quelantes medios por: Poliflavonoides, Sulfonatos, Ácidos Hímicos y Fulvicos, Aminoácidos, Ácido Glutámico, Polifosfatos y agentes quelantes débiles por: Ácido Cítrico, Ácido Ascórbico, Ácido Tartárico; de los cuales mediante el estudio de 19 artículos científicos se tiene que un 59% se encuentran definidos como compuestos fuertes; de acuerdo a su poder complejante, el 27% quelatos acomplejantes débiles y un 14% por acomplejante medio.

Los quelatos más aprovechados entre el 59% del grupo de los acomplejantes fuertes son utilizados para evitar la toxicidad de los metales pesados es el Etileno diamina tetraacético (EDTA); siendo ello corroborado por; Kaurin Anela et al., 2020, Evangelou et al., 2017, Nurchi et al., 2020, Wei et al., 2021, Vicente et al., 2011, Luo et al., 2018, Nasiri et al., 2020, Dolev et al., 2020, Yang et al., 2021, Huang Rong et al., 2021, Ryu So Ri et al., 2017, Avilés María et al., 2018.

Esto es también respaldado por Wei Hang et al., (2018, p.1) afirmando en su estudio que los resultados tanto simulados como experimentales indican que una dosis mayor de EDTA conduce razonablemente a una mayor eficiencia de extracción de Cd y una extracción más rápida por el complejo de EDTA directo.

Así también lo afirma Kim Eun Jun et al., (2016, p.1) la adición de agentes reductores, que incluye oxalato de sodio ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$), ácido ascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) y ditionito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$), mejoró en gran medida la extracción con EDTA tanto de As como de metales pesados de los suelos contaminados debido a la mayor movilidad de los metales en las condiciones reducidas. Además, obtuvo una eficiencia de extracción de casi el 90% de los metales totales (As, Cu, Zn y Pb) de los suelos contaminados utilizando la combinación de ditionito y EDTA.

Así también, de acuerdo con Li Zhu et al., (2018, p.4) señala que el efecto del tiempo de contacto en la extracción de los metales potencialmente tóxicos de los suelos agrícolas a un pH de 6,0 utilizando tanto GLDA (3 mmol/L) como NTA (2 mmol/L) con un tiempo de reacción de 20 h. Muestra que las eficiencias de eliminación de Cu, Cd y Pb aumentaron inicialmente (hasta 5 h), seguido de una liberación más suave de los metales objetivo; esto puede explicarse por el mecanismo de interacción entre los agentes quelantes y los metales potencialmente tóxicos. Pero Wang Kai et al., (2019, p.4) señala de acuerdo a su estudio que después de 6 h, la cantidad de metales potencialmente tóxicos extraídos no aumentó significativamente con el tiempo de activación, lo que indica que el complejo quelante tiene un efecto límite de promoción de la disolución; y las eficiencias máximas de extracción de Cu, Zn, Cd y Pb fueron 30,2, 5,4, 70,2 y 16,7% para un suelo 1 y 25,5, 5,7, 59,8 y 18,2% para un suelo 2, respectivamente. Las diferencias en la cantidad máxima de extracción están relacionadas principalmente con el contenido de metales potencialmente tóxicos del propio suelo y con la forma en que el metal existe en el suelo.

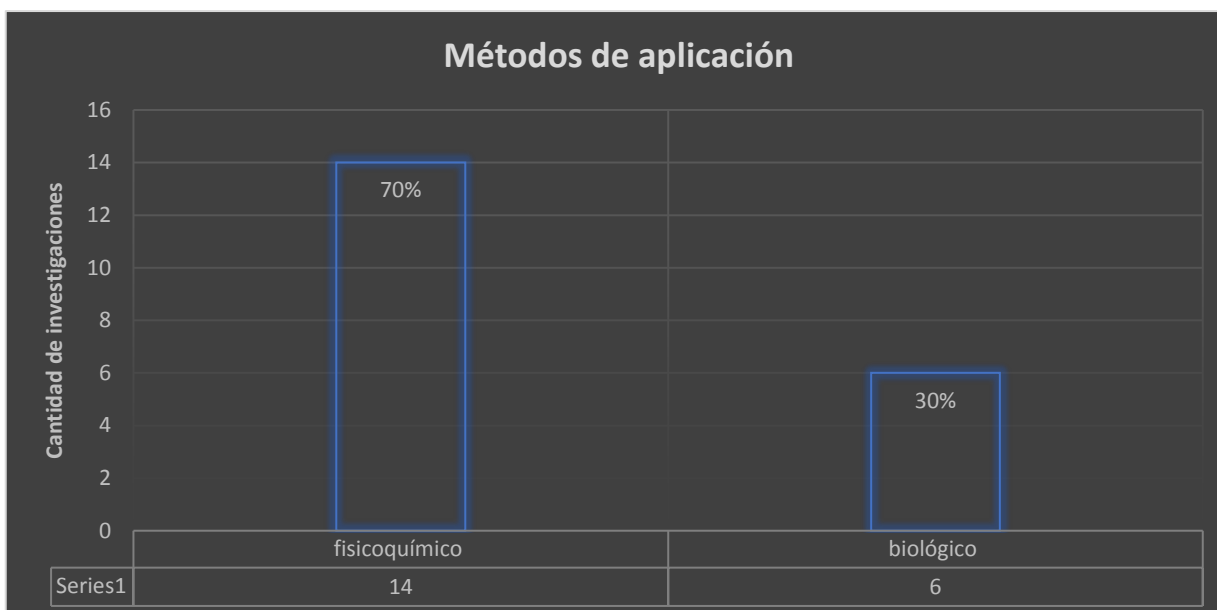
Los métodos de aplicación de los agentes quelantes biodegradables en los suelos contaminados por actividad minera se muestra en la tabla 7.

Tabla N°7: Métodos de aplicación de agentes quelantes

TECNOLOGÍA DE APLICACIÓN	TRATAMIENTO	TIPO DE QUELANTE	AUTOR
Lavado de suelos	Físico-químico	EDTA y GLDA, EDDS e IDS biodegradables	Kaurin et al., 2020
Fitoextracción basada en plantas	Biológico	Agentes quelantes naturales: Disuccinato de etilendiamina y ácido nitrilotriacético	Evangelou et al., 2017
Bioremediación	Biológico	EDTA	Nurchi et al., 2020
Eliminación de cobre y níquel por adición de quelantes biodegradables	Físico-químico	Quelante biodegradable, quitosano y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)	Wei et al., 2021
Oxidación química in situ (ciuo)	Físico-químico	EDTA, l-ácido ascórbico, ácido gálico, ácido cítrico, citrato sódico monohidratado (CITRm), citrato sódico 2-hidrato (CITRt).	Vicente et al., 2011
Combinación de fito y electroremediación	Biológico + Físico-químico	Etileno diamina tetraacético (EDTA)	Luo et al., 2018
Filtros de membrana	Físico-químico	Quelantes naturales: Zn-aminolignosulfonato [Zn-AML] Zn-polihidroxifenilcarboxilato [Zn-PHP] Zn-etilendiamina disuccinato [Zn-EDDS]	Almendros et al., 2013
Técnica electrocinética	Físico-químico	EDTA y ácido cítrico (CA)	Nasiri et al., 2020
Lavado en el suelo	Físico-químico	Sal tetrasódica del ácido N, N-dicarboximetil glutámico (GLDA), ácido ascórbico y ácido cítrico	Van et al., 2021
Remediación	Biológico	EDTA	Dolev et al., 2020
Lavado de suelos	Físico-químico	Ácido iminodisuccínico (ISA), el ácido glutamato-N, N-diacético (GLDA), ácido	Wang et al., 2020

		glucomonocarbónico (GCA) y el ácido poliaspártico (PASP)	
Fitorremediación inducida	Biológico	Ácido cítrico (CA), ácido oxálico (OA) y disuccinato de etilendiamina (EDDS)	Chen Y. y Wang D., de 2020
Fitorremediación inducida	Biológico	Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), ácido dietilentriacético (NTA), N, N-diacetato tetrasódico (GLDA), éter de ácido aspartato dibutírico (AES) y ácido iminodisuccínico (IDSA)	Yang et al., 2021
Fitoextracción	Físico-químico	<i>Phyllanthus emblica</i> El extracto de fruta (FPE)	Guo et al., 2021
Electrocinética	Físico-químico	Alginato de sodio (SA) y quitosano (CTS)	Wang et al., 2021
Fitorremediación	Biológico	DA-6, EDTA	Huang Rong et al., 2021
Fitoextracción	Físico-químico	Disuccinato de etilendiamina (EDDS).	Diarra Ivan et al., 2021
Remediación electrocinética	Físico-químico	Ácido ascórbico, ácido oxálico y ditionito.	Ryu So Ri et al., 2017
Fitoextracción	Físico-químico	Disuccinato de etilendiamina (EDDS).	Diarra Ivan et al., 2021
Remediación	Biológico	Etileno diamina tetraacético (EDTA)	Avilés María et al., 2018

Gráfico N°2: Métodos de aplicación de agentes quelantes en suelo contaminados



De acuerdo a la comparación de 21 artículos científicos y teniendo como base de información a la tabla N° 7 el 70% de los autores aplican los quelatos biodegradables mediante tratamientos fisicoquímicos, y un 30% mediante tratamientos biológicos.

Dando así a conocer que más de la mitad de los investigadores emplean tratamientos fisicoquímicos como la fitoextracción, es así que Ryu So Ri et al., 2017 para reducir los hidróxidos de As (V) y Fe del suelo, utilizó agentes reductores como ácido ascórbico, ácido oxálico y ditionito; además, utilizó agentes quelantes que incluían oxalato, EDTA y citrato para prevenir la formación de precipitados de Fe, sumideros bien conocidos de As (III) y As (V).

Entre los tratamientos fisicoquímicos más utilizados para utilizar quelantes biodegradables en el tratamiento de suelos mineros está la fitoextracción, siendo corroborado por Guo et al., 2021, Diarra Ivan et al., 2021, Diarra Ivan et al., 2021; también el lavado de suelos siendo el caso de: Kaurin et al., 2020, Van et al., 2021, Wang et al., 2020.

Este resultado es apoyado por Mirsha Sandhya et al., (2021, p.1) quien menciona que debido a la a la gravedad de la contaminación por metales pesados en ciertas partes del medio ambiente, los biosurfactantes han ganado gran interés

y atención como una tecnología multifuncional emergente del nuevo siglo para la eliminación exitosa de los contaminantes por metales pesados.

Pero esto es rechazado por Diarra Ivan et al., 2021, quien empleando un tratamiento fisicoquímico como la fitoextracción en los hallazgos de su investigación enfatiza que la fitoextracción asistida por quelatos con *Brassica spp.* es muy limitado en entornos de múltiples metales, por lo que es una opción inadecuada para sitios muy contaminados.

Mientras que en los tratamientos biológicos en su mayoría se encuentra la fitorremediación, utilizando como agente quelante al EDTA, esto es respaldado por: Nurchi et al., 2020, Luo et al., 2018, Dolev et al., 2020, Yang et al., 2021, Huang Rong et al., 2021, Avilés María et al., 2018. Así también apoyando a los investigadores está Sydow et al., (2018, p.3) quien señala que los biosurfactantes en tratamientos biológicos ayudan a disminuir eficazmente la tensión interfacial entre superficies incluso a bajas concentraciones, lo que aumenta la movilidad de los contaminantes y acelera la biorremediación.

Tabla N°8: *Ventajas y desventajas en aplicación de agentes quelantes*

Aplicación de agentes quelantes	Descripción	Fuentes de información
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> -Se encuentra demostrado como extractantes eficaces en el lavado de suelos. -No biodisponible y no tóxica -Rapidez en la recuperación de plantas sembradas en suelos tratados con quelantes -Optimización del proceso de fitoextracción -Existen diversos tratamientos con los que se puede aplicar los agentes quelantes donde los costos sean menores como la fitorremediación con quelantes que es mucho menor que la operación de lavado de suelos. -Los quelantes biodegradables presentan buena capacidad complejante de Fe. -Se ha desarrollado la aplicación de agentes quelantes naturales en 	<p>Hasegawa Hiroshi et al., 2019, Kaurin et al., 2020, Evangelou et al., 2017, Nurchi et al., 2020, Van et al., 2021, Dolev et al., 2020, Wang et al., 2020, Guo et al., 2021, Wang et al., 2021, Diarra Ivan et al., 2021, Avilés María et al., 2018.</p>

disolución nutritiva de cultivos en hidroponía.

-Los quelatos presentan una mayor capacidad para mejorar el estado nutricional de las plantas.

-En el lavado de suelos, es necesario mejorar las estrategias de desarrollo de soluciones de lavado con quelantes para lograr una eficiencia óptima en la extracción de metales tóxicos y en la recuperación del quelante y del agua de proceso.

-Costos altos en algunas aplicaciones que utilizan los agentes quelantes como el coste del lavado y la vitrificación del suelo, que se calcula se estima entre 100.000 y 1.000.000 de dólares por hectárea.

-Su aplicación solo se realiza en cultivos de alto valor añadido debido a su alto precio de aplicación.

-Los quelantes son compuestos recalcitrantes, es decir presentan una degradación muy lenta.

-Su lavado presenta la contaminación de aguas subterráneas.

Desventajas

Wei et al., 2021, Luo et al., 2018, Nasiri et al., 2020, Chen Y. y Wang D., 2020, Yang et al., 2021, Guo et al., 2021, Huang Rong et al., 2021, Ryu So Ri et al., 2017.

Los agentes quelantes de poder acomplejante fuerte en especial el EDTA presenta mayor ventaja sobre los de poder acomplejante medio o débil, clasificando estos a los quelantes biodegradables; ya que, presentan mayor eficiencia de la remediación y la seguridad ambiental.

De acuerdo con Edenhart Simone et al., (2020, p.1) el uso frecuente del EDTA persistente en diversas aplicaciones industriales y domésticas ha provocado una acumulación de EDTA en el suelo y en ambientes acuosos. Como consecuencia, el EDTA es el compuesto antropogénico de mayor concentración presente en los depósitos de agua. El EDDS tiene propiedades quelantes similares a EDTA, sin embargo, en contraste con EDTA es fácilmente biodegradable (Gluhar Simon S. et al., 2020, p.1).

GLDA e IDS no se precipitaron de las soluciones de proceso, lo que redujo su reciclabilidad. En otros parámetros de proceso, suplemento de quelante,

saturación de Na de las soluciones de proceso y tiempo de procesamiento, el EDTA superó a los quelantes biodegradables.

De acuerdo con Kaurin Anela et al., (2020, p.2) el tratamiento con EDTA también fue el más efectivo en la remoción total de Pb y Zn y en las propiedades del suelo menos impactadas y GLDA fue ligeramente mejor en la eliminación de Cd, mientras que EDDS e IDS fueron ineficaces. Todos los quelantes eliminaron eficazmente el Pb, Zn y Cd fácilmente disponibles de la fracción de suelo intercambiable.

Para Evangelou et al., 2017 el EDTA fue el quelante más eficaz para reducir la bioaccesibilidad de iones metálicos y GLDA para reducir la bioaccesibilidad del Cd del tracto gastrointestinal humano simulado. Así también Kaurin Anela et al., 2020 afirma que el tratamiento con GLDA tuvo una ventaja en la reducción de la bioaccesibilidad de las plantas a los metales tóxicos, pero indujo una preocupante lixiviación del metal.

V. CONCLUSIONES

Estudios han demostrado la efectividad de la aplicación de quelantes biodegradables por ello se profundizó llegando a las siguientes conclusiones:

- Los agentes quelantes más aprovechados para el tratamiento de suelos contaminados por minería de acuerdo al 59% de autores se encuentran los compuestos fuertes, de acuerdo a su poder complejante, el 27% quelatos acomplejantes débiles y un 14% por acomplejante medio.

- Los métodos de aplicación de los agentes quelantes biodegradables en los suelos contaminados por actividad minera son por tratamientos fisicoquímicos como la fitoextracción, siendo demostrado por el 70% de los estudios y un 30% mediante tratamientos biológicos.

- Las ventajas y desventajas de la aplicación de quelantes biodegradables para el tratamiento de suelos contaminados por minería demuestra que los quelantes son extractantes eficaces en el lavado de suelos y representan una tecnología de remediación adecuada para elementos potencialmente tóxicos (PTE) de sitios contaminados, aunque son costosos.

- Los agentes quelantes de poder acomplejante fuerte en especial el EDTA presenta mayor ventaja sobre los de poder acomplejante medio o débil, clasificando estos a los quelantes biodegradables; ya que, presentan mayor eficiencia de la remediación y la seguridad ambiental.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los futuros investigadores lo siguiente:

- Se recomienda realizar investigaciones explorando los aminoácidos proteinogénicos naturales (PAA) como agentes de remediación, ya que a pesar de sus capacidades quelantes de metales y beneficios ambientales no es comúnmente aplicado en los estudios.

- Se recomienda realizar mayores estudios prácticos del lavado de suelos contaminados con metales tóxicos, sustituyendo el EDTA recalcitrante por quelantes biodegradables.

- Se recomienda aplicar diversos tipos de agentes acomplejantes para el desarrollo de nuevas soluciones de descontaminación biodegradables ampliando las literaturas de quelantes ecológicos con biodegradabilidad.

VII. REFERENCIAS

1. AGBOOLA, Oluranti, et al. A Review on the Impact of Mining Operation: Monitoring, Assessment and Management. Results in Engineering, 2020, p. 100181. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2020.100181>
2. AHMADI, Ali, et al. Bioleaching of copper, nickel and cobalt from the low grade sulfidic tailing of Golgohar Iron Mine, Iran. Hydrometallurgy, 2015, vol. 154, p. 1-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2015.03.006>
3. ALMENDROS, Patricia; GONZALEZ, D.; ALVAREZ, J. M. The influence of moisture on the residual effects of natural zinc chelates applied to two different soils. Journal of soil science and plant nutrition, 2013, vol. 13, no 4, p. 797-807. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162013005000063>
4. ASH, Joan S.; GUAPPONE, Kenneth P. Qualitative evaluation of health information exchange efforts. Journal of biomedical informatics, 2007, vol. 40, no 6, p. S33-S39. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2007.08.001>
5. AVILÉS, María, et al. Estudio del efecto quelante de filtros naturales de arcilla sobre metales pesados; Pb y Hg para su aplicación en la remediación de suelos, conservación de aguas y biodiversidad. Revista Ciencia, Tecnología e Innovación, 2018, vol. 16, no 17, p. 875-982. Disponible en: SSN 2225-8787
6. BECH, Jaume, et al. Arsenic and heavy metal contamination of soil and vegetation around a copper mine in Northern Peru. Science of the Total Environment, 1997, vol. 203, no 1, p. 83-91. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(97\)00136-8](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(97)00136-8)
7. BECH, Jaume; ROCA, Núria; TUME, Pedro. Hazardous element accumulation in soils and native plants in areas affected by mining activities in South America. En Assessment, Restoration and Reclamation

- of Mining Influenced Soils. Academic Press, 2017. p. 419-461. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809588-1.00016-5>
8. BEGUM, Zinnat A., et al. Remediation of toxic metal contaminated soil by washing with biodegradable aminopolycarboxylate chelants. *Chemosphere*, 2012, vol. 87, no 10, p. 1161-1170. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.02.032>
 9. BRYAN, Christopher G.; HALLBERG, Kevin B.; JOHNSON, D. Barrie. Mobilisation of metals in mineral tailings at the abandoned São Domingos copper mine (Portugal) by indigenous acidophilic bacteria. *Hydrometallurgy*, 2006, vol. 83, no 1-4, p. 184-194. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2006.03.023>
 10. CAO, Alessia, et al. Effect of biodegradable chelating agents on heavy metals phytoextraction with *Mirabilis jalapa* and on its associated bacteria. *European Journal of Soil Biology*, 2007, vol. 43, no 4, p. 200-206. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.02.002>
 11. CASTAÑEDA, Fernando Ramírez; PIEDRAS, John Jairo Gómez; RONCANCIO, Víctor Julio Flórez. Evaluación del fertilizante orgánico líquido de lombriz san rafael en el cultivo de rosa cv. Classy. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 2011, vol. 64, no 2, p. 6147-6157. Disponible en: ISSN 0304-2847
 12. CENICEROS-GÓMEZ, Agueda E., et al. Characterization of mining tailings in México for the possible recovery of strategic elements. *Journal of South American Earth Sciences*, 2018, vol. 88, p. 72-79. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.08.013>
 13. CHEN, Li; YANG, Jin-yan; WANG, Dan. Phytoremediation of uranium and cadmium contaminated soils by sunflower (*Helianthus annuus* L.) enhanced with biodegradable chelating agents. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 263, p. 121491. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121491>
 14. CHEN, Ting-Chien; HONG, Andrew. Chelating extraction of lead and copper from an authentic contaminated soil using N-(2-acetamido) iminodiacetic acid and S-carboxymethyl-L-cysteine. *Journal of Hazardous Materials*, 1995, vol. 41, no 2-3, p. 147-160. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0304-3894\(94\)00105-P](https://doi.org/10.1016/0304-3894(94)00105-P)

15. CORTADA, Unai, et al. Impact in soils caused by metal (loid) s in lead metallurgy. The case of La Cruz Smelter (Southern Spain). Journal of Geochemical Exploration, 2018, vol. 190, p. 302-313. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2018.04.001>
16. CRUZ LÓPEZ, César Augusto De la; RAMOS ARCOS, Sebastián Alberto; LÓPEZ MARTÍNEZ, Sughey. Efecto de la adición de ácidos orgánicos sobre la bioacumulación de Plomo, Talio y Vanadio en Chrysopogon zizanioides creciendo sobre suelos contaminados de un relleno sanitario. Nova scientia, 2018, vol. 10, no 21, p. 403-422. Disponible en: <https://doi.org/10.21640/ns.v10i21.1582>
17. DERMONT, Gérald, et al. Soil washing for metal removal: a review of physical/chemical technologies and field applications. Journal of hazardous materials, 2008, vol. 152, no 1, p. 1-31. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.10.043>
18. DIARRA, Ivan; KOTRA, Krishna Kumar; PRASAD, Surendra. Assessment of biodegradable chelating agents in the phytoextraction of heavy metals from multi-metal contaminated soil. Chemosphere, 2021, vol. 273, p. 128483. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128483>
19. DIEZ LÁZARO, Javier. Fitocorrección de suelos contaminados con metales pesados: evaluación de plantas tolerantes y optimización del proceso mediante prácticas agronómicas. Univ Santiago de Compostela, 2008.
20. DOLEV, Noam, et al. Natural amino acids as potential chelators for soil remediation. Environmental research, 2020, vol. 183, p. 109140. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109140>
21. DRISKELL, James E.; KING, Jennifer; DRISKELL, Tripp. Conducting applied experimental research. En Laboratory experiments in the social sciences. Academic Press, 2014. p. 451-472. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404681-8.00020-0>
22. ERLINGSSON, Christen; BRYSEWICZ, Petra. Orientation among multiple truths: An introduction to qualitative research Orientation através les verites multiples: Une introduction ala recherche qualitative. 2012. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.afjem.2012.04.005>

23. EVANGELOU, Michael WH; EBEL, Mathias; SCHAEFFER, Andreas. Chelate assisted phytoextraction of heavy metals from soil. Effect, mechanism, toxicity, and fate of chelating agents. *Chemosphere*, 2007, vol. 68, no 6, p. 989-1003. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.01.062>
24. FALAGÁN, Carmen; GRAIL, Barry M.; JOHNSON, D. Barrie. New approaches for extracting and recovering metals from mine tailings. *Minerals Engineering*, 2017, vol. 106, p. 71-78. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2016.10.008>
25. FLORA, Swaran JS; FLORA, Govinder; SAXENA, Geetu. Arsenicals: toxicity, their use as chemical warfare agents, and possible remedial measures. En *Handbook of toxicology of chemical warfare agents*. Academic Press, 2009. p. 109-133. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374484-5.00009-2>
26. GALLOSO, M. ¿Investigación básica aplicada o solo investigación? por gallo. *Rev. Soc. Quím. Perú*. 2010, vol. 76, n.1. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000100001 ISSN 1810-634X.
27. GUL, Iram, et al. Challenges in microbially and chelate-assisted phytoextraction of cadmium and lead—A review. *Environmental Pollution*, 2021, p. 117667. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117667>
28. GUO, Bin, et al. Fruit extracts from *Phyllanthus emblica* accentuate cadmium tolerance and accumulation in *Platycladus orientalis*: A new natural chelate for phytoextraction. *Environmental Pollution*, 2021, vol. 280, p. 116996. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116996>
29. HE, Y. *Liquid-based microextraction techniques for environmental analysis*. 2012.
30. HU, Wenyong, et al. Health risk assessment of heavy metals in soils and vegetables from a typical greenhouse vegetable production system in China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 2014, vol. 20, no 5, p. 1264-1280. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10807039.2013.831267>

31. Huang, J. Chen, W.R. Berti, S.D. Cunningham, Phytoremediation of lead-contaminated soils: role of synthetic chelates in lead phytoextraction, *Environ. Sci. Technol.* 3 (1997) 800e805.
32. HUANG, Rong, et al. Effects of plant growth regulator and chelating agent on the phytoextraction of heavy metals by *Pfaffia glomerata* and on the soil microbial community. *Environmental Pollution*, 2021, vol. 283, p. 117159. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117159>
33. I.G. Richards, J.P. Palmer, P.A. Barratt, TEPANOSYAN, Gevorg, et al. Continuous impact of mining activities on soil heavy metals levels and human health. *Science of the Total Environment*, 2018, vol. 639, p. 900-909. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.211>
34. KAURIN, Anela, et al. Soil washing with biodegradable chelating agents and EDTA: Effect on soil properties and plant growth. *Chemosphere*, 2020, vol. 260, p. 127673. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127226>
35. KICIŃSKA, Alicja; WIKAR, Justyna. Ecological risk associated with agricultural production in soils contaminated by the activities of the metal ore mining and processing industry-example from southern Poland. *Soil and Tillage Research*, 2021, vol. 205, p. 104817. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104817>
36. KIM, Eun Jung; JEON, Eun-Ki; BAEK, Kitae. Role of reducing agent in extraction of arsenic and heavy metals from soils by use of EDTA. *Chemosphere*, 2016, vol. 152, p. 274-283. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.03.005>
37. KOELMEL, Jeremy, et al. Metalliferous waste in India and knowledge explosion in metal recovery techniques and processes for the prevention of pollution. En *Environmental Materials and Waste*. Academic Press, 2016. p. 339-390. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803837-6.00015-9>
38. LEŠTAN, Domen; LUO, Chun-ling; LI, Xiang-dong. The use of chelating agents in the remediation of metal-contaminated soils: a review. *Environmental pollution*, 2008, vol. 153, no 1, p. 3-13. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.11.015>

39. LI, M. S. Ecological restoration of mineland with particular reference to the metalliferous mine wasteland in China: a review of research and practice. *Science of the total environment*, 2006, vol. 357, no 1-3, p. 38-53. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.05.003>
40. LIAO, G., LIAO, D., & LI, Q. (2008). Heavy metals contamination characteristics in soil of different mining activity zones. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 18(1), 207–211. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/s1003-6326\(08\)60037-0](https://doi.org/10.1016/s1003-6326(08)60037-0)
41. LOPEZ BRAVO, Marcelo, et al. *Actividad minera y su impacto en la salud humana*. 2016. Disponible en: ISSN: 1390 - 4272
42. LUCENA, Juan José. El empleo de complejantes y quelatos en la fertilización de micronutrientes. *Revista Ceres*, 2009, vol. 56, no 4, p. 527-535. Disponible en: ISSN: 0034-737X
43. LUCENA, Patricia Rodríguez. *Quelatos biodegradables y complejos como correctores de la clorosis férrica evaluación de complejos Fe-Lignosulfonato*. 2010. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
44. LUO, Jie, et al. The interactive effects between chelator and electric fields on the leaching risk of metals and the phytoremediation efficiency of *Eucalyptus globulus*. *Journal of Cleaner Production*, 2018, vol. 202, p. 830-837. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.130>
45. MOEZZI, Mithra; JANDA, Kathryn B.; ROTMANN, Sea. Using stories, narratives, and storytelling in energy and climate change research. *Energy Research & Social Science*, 2017, vol. 31, p. 1-10. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.06.034>
46. MUCCHIELLI, Alex. *Les processus intellectuels fondamentaux sous-jacents aux techniques et méthodes qualitatives*. *Recherches qualitatives*, 2007, vol. 3, p. 1-27.
47. NASIRI, Afshin; JAMSHIDI-ZANJANI, Ahmad; DARBAN, Ahmad Khodadadi. Application of enhanced electrokinetic approach to remediate Cr-contaminated soil: effect of chelating agents and permeable reactive barrier. *Environmental Pollution*, 2020, vol. 266, p. 115197. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115197>
48. NURCHI, Valeria Marina, et al. Chelating Agents in Soil Remediation: A New Method for a Pragmatic Choice of the Right Chelator. *Frontiers in*

- chemistry, 2020, vol. 8, p. 991. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.597400>
49. OSORES PLENGE, Fernando; ROJAS JAIMES, Jesús Eduardo; MANRIQUE LARA ESTRADA, Carlos Hermógenes. Minería informal e ilegal y contaminación con mercurio en Madre de Dios: Un problema de salud pública. *Acta medica peruana*, 2012, vol. 29, no 1, p. 38-42. Disponible en: ISSN 1728-5917
50. PACIONE, Michael (ed.). *Applied geography: principles and practice: an introduction to useful research in physical, environmental and human geography*. Psychology Press, 1999. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-008044910-4.00663-5>
51. PATHAK, Sumya; AGARWAL, Aditya Vikram; PANDEY, Vimal Chandra. Phytoremediation—a holistic approach for remediation of heavy metals and metalloids. En *Bioremediation of Pollutants*. Elsevier, 2020. p. 3-16. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819025-8.00001-6>
52. PIZARRO, Roberto, et al. Especies forestales para la recuperación de suelos contaminados con cobre debido a actividades mineras. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 2016, vol. 22, no 1, p. 29-43. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.06.026>
53. PUGA, Soraya, et al. Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera: Heavy metals pollution in soils damaged by mining industry. *Ecología aplicada*, 2006, vol. 5, no 1-2, p. 149-155. Disponible en: ISSN 1726-2216
54. ROYCHOWDHURY, Abhishek; DATTA, Rupali; SARKAR, Dibyendu. Heavy metal pollution and remediation. En *Green chemistry*. Elsevier, 2018. p. 359-373. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809270-5.00015-7>
55. RYU, So-Ri; JEON, Eun-Ki; BAEK, Kitae. A combination of reducing and chelating agents for electrolyte conditioning in electrokinetic remediation of As-contaminated soil. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 2017, vol. 70, p. 252-259. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2016.10.058>

56. SALEM, Jorge, et al. An analysis of Peru: Is water driving mining conflicts?. Resources Policy, 2018, p. 101270. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.09.010>
57. SRIVASTAVA, Sakshi; FLORA, Swaran JS. Arsenicals: toxicity, their use as chemical warfare agents, and possible remedial measures. En Handbook of
58. Suzanne WALLER, “Análisis documental: un enfoque metodológico” , Boletín de las bibliotecas de Francia (BBF) , 2000, n ° 4, p. 134-136. Disponible en: En línea: <https://bbf.enssib.fr/consulter/bbf-2000-04-0134-016> ISSN 1292-8399.
59. Toxicology of Chemical Warfare Agents. Academic Press, 2020. p. 303-319. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819090-6.00021-0>
60. The Treatment Of Contaminated Soils. (1993). The Reclamation of Former Coal Mines and Steelworks, 305–363. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/s0166-1116\(08\)70748-9](https://doi.org/10.1016/s0166-1116(08)70748-9)
61. TWARDOWSKA, Irena, et al. Solid waste: assessment, monitoring and remediation. Gulf Professional Publishing, 2004. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=KcqeppzFewC&lpg=PP1&ots=CgpeGQxqb3&lr&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>
62. VAN THINH, Nguyen, et al. Removal of lead and other toxic metals in heavily contaminated soil using biodegradable chelators: GLDA, citric acid and ascorbic acid. Chemosphere, 2021, vol. 263, p. 127912. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127912>
63. VICENTE, F., et al. Improvement soil remediation by using stabilizers and chelating agents in a Fenton-like process. Chemical engineering journal, 2011, vol. 172, no 2-3, p. 689-697. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.06.036>
64. WANG, Guiyin, et al. Remediation of heavy metal contaminated soil by biodegradable chelator–induced washing: Efficiencies and mechanisms. Environmental research, 2020, vol. 186, p. 109554. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109554>
65. WANG, Guiyin, et al. Effect of soil washing with biodegradable chelators on the toxicity of residual metals and soil biological properties. Science of

- the Total Environment, 2018, vol. 625, p. 1021-1029. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.019>
66. WANG, Yuchen, et al. Enhanced electrokinetic remediation of heavy metals contaminated soil by biodegradable complexing agents. Environmental Pollution, 2021, vol. 283, p. 117111. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117111>
67. WEI, Hang, et al. Two-stage multi-fraction first-order kinetic modeling for soil Cd extraction by EDTA. Chemosphere, 2018, vol. 211, p. 1035-1042. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.07.088>
68. WEI, Jiang; TAO, Tao; ZHI-MING, Liao. Removal of heavy metal from contaminated soil with chelating agents. Open Journal of Soil Science, 2011, vol. 2011. Disponible en: <https://doi.org/10.4236/ojss.2011.12010>
69. WONG, Joseph SH; HICKS, R. Edwin; PROBSTEIN, Ronald F. EDTA-enhanced electroremediation of metal-contaminated soils. Journal of Hazardous Materials, 1997, vol. 55, no 1-3, p. 61-79. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(97\)00008-3](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(97)00008-3)
70. XIE, Yanting, et al. Recovery of nickel, copper and cobalt from low-grade Ni-Cu sulfide tailings. Hydrometallurgy, 2005, vol. 80, no 1-2, p. 54-58. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2005.07.005>
71. YANG, Qiao, et al. The addition of degradable chelating agents enhances maize phytoremediation efficiency in Cd-contaminated soils. Chemosphere, 2021, vol. 269, p. 129373. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129373>
72. YEVUGAH, Lily Lisa; DARKO, Godfred; BAK, Jesper. Does mercury emission from small-scale gold mining cause widespread soil pollution in Ghana?. Environmental Pollution, 2021, vol. 284, p. 116945. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116945>
73. ZHAO, Huarong, et al. Human health risk from soil heavy metal contamination under different land uses near Dabaoshan Mine, Southern China. Science of the Total Environment, 2012, vol. 417, p. 45-54. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.12.047>

74. ŻUKOWSKA, J.; BIZIUK, M. Methodological evaluation of method for dietary heavy metal intake. Journal of food science, 2008, vol. 73, no 2, p. R21-R29. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00648.x>

ANEXOS

ANEXOS N° 1:

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
--	---------------------------------------

TITULO:

DATOS DEL AUTOR: NOMBRE(S)		
PAGINAS UTILIZADAS	AÑO DE PUBLICACION	LUGAR DE PUBLICACION

TIPO DE INVESTIGACION:

CÓDIGO:	
PALABRAS CLAVES :	
MÉTODO DE APLICACIÓN:	
VENTAJAS Y DESVENTAJAS	
TIPO DE AGENTE QUELANTE	EDTA
	DTPA
	NTA
RESULTADOS :	
CONCLUSIONES:	

Elaboración propia