



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA SOBRE DRENAJE ÁCIDO DE MINAS EN EL PERÚ,
PERÍODO 2010-2021: ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO

Línea de investigación:
Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación.

Trabajo de investigación para optar el grado académico de Maestra en
Gestión Ambiental y Minera

Autora

Nguyen Thi, Thanh Nhan

Asesor

Castañeda Pérez, Luz Genara

ORCID: 0000-0001-6684-8205

Jurado

Zamora Talaverano, Noe Sabino

Tafur Mallqui, Isaias Severo

Guillen Leon, Rogelia

Lima - Perú

2023



Reporte de Análisis de Similitud

Archivo:	1A_NGUYEN_THI_THANH_NHAN_MAESTRÍA_2023.docx
Fecha del Análisis:	6/01/2023
Analizado por:	Astete Llerena, Johnny Tomas
Correo del analista:	jastete@unfv.edu.pe
Porcentaje:	2 %
Título:	PRODUCCIÓN CIENTÍFICA SOBRE DRENAJE ÁCIDO DE MINAS EN EL PERÚ, PERÍODO 2010-2021: ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO
Enlace:	https://secure.arkund.com/old/view/148010548-117479-977296#q1bKLvayijY01jE01zG01DHSMdYx0TGN1VEqzkzPy0zLTE7MS05VsjLQMzaA0MiCyMDA0NzcyNbG0tDAwqwUA



DRA. MIRIAM LILIANA FLORES CORONADO
JEFA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA SOBRE DRENAJE ÁCIDO DE MINAS EN EL PERÚ, PERÍODO 2010-2021: ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO

Línea de investigación:
Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación.

Trabajo de investigación para optar el grado de Maestra en Gestión
Ambiental y Minera

Autora:
Nguyen Thi, Thanh Nhan

Asesora:
Castañeda Pérez, Luz Genara
(ORCID: 0000-0001-6684-8205)

Jurado:
Zamora Talaverano, Noe Sabino
Tafur Mallqui, Isaias Severo
Guillen Leon, Rogelia

Lima – Perú

2023

DEDICATORIA

A mi amado esposo y adorables hijos, mis padres, hermanas y toda la familia, por siempre estar allí para mí brindándome su compañía y apoyo incondicional.

A todas aquellas personas, que al consultar este trabajo, encuentren información útil y provechosa en la temática abordada.

AGRADECIMIENTO

Al querido Perú, a cada miembro de la Escuela Universitaria de Posgrado de la Universidad Nacional Federico Villarreal, especialmente a mi asesora: Dra. Luz Genara Castañeda Pérez por aceptarme tal como soy, ayudarme, encaminarme con cariño y dedicación para que yo pueda llegar a la actual parada dentro de mi viaje en la vida.

A la empresa Servicios Geográficos y Medio Ambiente SAC y en especial, al Don Guillermo Manrique Peralta por el cariño, el apoyo constante y la reiterada motivación, que me hicieron mantener el norte y seguir hacia adelante con la ruta trazada.

INDICE

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO	2
LISTADO DE TABLAS.....	4
LISTADO DE FIGURAS	4
RESUMEN	6
ABSTRACT.....	7
I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Planteamiento del problema	10
1.2. Descripción del problema.....	12
1.3. Formulación del problema.....	13
1.3.1. Problema general.....	13
1.3.2. Problemas específicos	13
1.4. Antecedentes.....	13
Internacional	13
Nacional	19
1.5. Justificación	21
1.6. Objetivos de la Investigación	23
1.6.1. Objetivo general	23
1.6.2. Objetivos Específicos.....	23
II. MARCO TEÓRICO.....	24
2.1. Estudios Bibliométricos.....	24
2.2. Indicadores bibliométricos	24
2.3. Drenaje Ácido de Mina.....	29
2.4. Tipos de tratamiento de DAM.....	30
2.4.1. Tratamientos activos	32
2.4.2. Tratamientos pasivos.....	36
2.5. Registro de datos	41
III. MÉTODO	42
3.1. Tipo de investigación.....	42
3.2. Población	42
3.3. Muestra	42
3.4. Procedimientos	42
IV. RESULTADOS.....	46
4.1. Elaboración de la base de dato “Data DAM Perú”.....	46
4.2. Análisis de impacto de la producción científica de DAM.....	48
4.3. Método de tratamientos de DAM más investigado y recomendado.....	67
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	68
VI. CONCLUSIONES	71
VII. RECOMENDACIONES	73
VIII. REFERENCIAS	74
IX. ANEXOS	86

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: <i>Los indicadores Bibliométricos.</i>	25
Tabla 2: <i>Métodos de tratamiento de DAM</i>	32
Tabla 3: <i>Los campos de la base de datos “Data DAM Perú”</i>	43
Tabla 4: <i>Género de autores en investigaciones de DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	48
Tabla 5: <i>Categoría de investigación sobre DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	51
Tabla 6: <i>Centro de investigación sobre DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	54
Tabla 7: <i>Cantidad de trabajos por año sobre DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	57
Tabla 8: <i>Selección de área de estudio en la temática de DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	58
Tabla 9: <i>Sub-temas tratados en la temática de DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	66
Tabla 10: <i>Selección de metodología en la temática de DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	67

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: <i>La formación de drenaje ácido de minas</i>	8
Figura 2: <i>Modelo de la generación de DAM</i>	29
Figura 3: <i>Proceso de HDS en el tratamiento de DAM.</i>	35
Figura 4: <i>Planta de tratamiento de DAM por el proceso de NCD.</i>	35
Figura 5: <i>Modelo de planta de tratamiento de DAM por el proceso Bioteq.</i>	36
Figura 6: <i>Esquema de un humedal aerobio</i>	37
Figura 7: <i>Diseño de un humedal anaerobio</i>	38
Figura 8: <i>Esquema transversal de un sistema ALD.</i>	39
Figura 9: <i>Canal abierto de caliza para tratamiento de DAM.</i>	39
Figura 10: <i>Diseño esquemático de un sistema SAPS en el tratamiento de DAM.</i>	40
Figura 11: <i>Diseño de un sistema de PRB en el tratamiento de DAM.</i>	41
Figura 12: <i>Flujograma de procedimientos de la investigación.</i>	45

Figura 13: <i>Captura de pantalla del interfaz de la base de datos “Data DAM Perú”</i>	47
Figura 14: <i>Género de autores de las investigaciones sobre DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	49
Figura 15: <i>Categorías de investigación sobre DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	49
Figura 16: <i>Tendencia de publicaciones científicas de DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	51
Figura 17: <i>Distribución por centro de investigaciones de DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	52
Figura 18: <i>Aporte de los 3 centros más investigados de DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	55
Figura 19: <i>Cantidad de investigación por año sobre DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	55
Figura 20: <i>Selección de área de estudio en la temática de DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	57
Figura 21. <i>Fuente de citas de investigaciones de DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	58
Figura 22: <i>Fecha publicada de citas de investigaciones de DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	59
Figura 23: <i>Fechas de publicación de citas en investigaciones de DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	61
Figura 24: <i>El idioma de citas en investigaciones de DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	62
Figura 25: <i>Idioma de redacción de citas del tema de DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	63
Figura 26: <i>Autores más citados en investigaciones de DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	64
Figura 27: <i>Género de autores de trabajos científicos de DAM en el Perú, período 2010-2021</i>	65

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo realizar un estudio bibliométrico de la producción científica sobre drenaje ácido de minas en el Perú, período 2010-2021; es de tipo exploratoria y descriptiva. Se ha elaborado una base de datos con 130 investigaciones publicadas sobre la temática de drenaje ácido de minas. Con la data obtenida, se aplicó los indicadores bibliométricos personales, de productividad, de citación, de contenido y de metodología para el análisis de los resultados. Se observó la tendencia creciente en la cantidad de investigaciones publicadas a través de los años, a excepción del año 2020 en medio de la pandemia del Covid-19, donde reportó disminución en la cantidad de investigación realizados. Los trabajos de investigación reportados son Tesis profesionales, Tesis de maestría, Tesis doctoral y Artículos científicos, dentro de los cuales, revela el mayor aporte en tesis profesionales con el 65.38% de participación. La Universidad Privada del Norte fue el centro de investigación con el mayor aporte, cuenta con 24 investigaciones publicadas. El departamento de Cajamarca fue el área de estudio más elegido para las investigaciones, se trató de 25 trabajos realizados en su ámbito geográfico. Sobre la propuesta de métodos de tratamientos de DAM, el Tratamiento Activo fue el método más elegido; y la forma de tratamiento más recomendado fue neutralización y remoción de metales y sulfatos.

Palabras claves: Drenaje ácido de minas, estudio bibliométrico, tratamiento de DAM.

ABSTRACT

This work, the Scientific Production of The Acid mine drainages (DAM) in Peru, period 2010-2021: Bibliometric Study is an explored-descriptive work, and it is used to measure the different bibliometric indicators of our study target: the production of DAM in Peru, period 2010-2021. As results of the study, the generation of a data base with a total of 130 publications. There is clearly a rising trend about the amount the works done in the studied period, however, in 2020, due to the crisis of the Covid-19 pandemic, there was a decreased quantity of investigations in the theme. From the 130 reported publications, there was Professional Thesis, Master Thesis, Doctoral Thesis and Scientific Articles, and the predominant amount has been assigned to Professional Thesis with 65.38% of the total. The Universidad Privada del Norte is reported as the most participated center with 24 publications, meanwhile, the most chosen study area was Cajamarca with 25 works done within its limits. About the proposal of DAM treatment methods, the Active Treatment was the most suggested, and the most recommended strategy of DAM assessment was neutralization (pH control) and metal and/or sulfate removal.

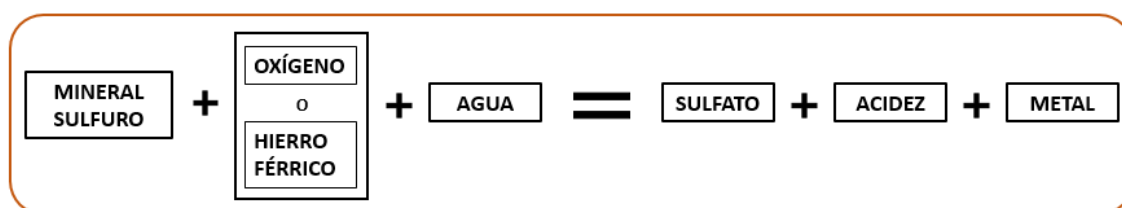
Keywords: Acid Mine Drainage, bibliometric study, DAM treatment methods.

I. INTRODUCCIÓN

Los impactos ambientales negativos generados por la actividad minera en el contexto mundial con el fin de obtener materias primas tanto metálico y no metálico han sido reconocidos y reportados desde hace siglos, sin embargo, siendo asuntos de estudios y asimismo son valorados con mayor seriedad solo desde los años setenta (Akcil y Koldas, 2006). Uno de los principales impactos negativos generados por la minería son los Drenajes Ácido de Mina (en adelante: DAM), los cuales se producen por la oxidación de los sulfuros metálicos, especialmente los de hierro como la pirita (FeS_2), en presencia de oxígeno atmosférico (o hierro férrico) y agua (INAP, 2019). En la siguiente figura (Figura 1) se esquematiza los mecanismos de formación de un DAM:

Figura 1

La formación de drenaje ácido de minas



Fuente: INAP, 2019.

A nivel mundial y latinoamericano, el Perú se ubica entre los primeros productores de diversos metales como oro, plata, cobre, plomo, zinc, hierro, estaño, molibdeno, telurio, entre otros (MEM, 2019). Gracias a estas riquezas naturales, el Perú tiene una extraordinaria perspectiva de país minero, y se ha convertido en uno de los destinos más atractivos para la inversión minera en el mundo (El Peruano, 2019; MEM, 2019).

Si bien los beneficios económicos generados por la actividad minera al país son de suma importancia económica, los impactos negativos generados al medio ambiente son una constante preocupación en la sociedad y en la comunidad científica máxime, considerando los objetivos del desarrollo sostenible al 2030 que nuestro país pretende alcanzar. Por ello se justifica el

significativo interés de investigar en DAM ya sea en su generación, caracterización o métodos de tratamiento, buscándose obtener medidas apropiadas para su prevención, mitigación y adecuado control.

En el Perú no hay investigaciones bibliométricas sobre la temática de DAM pese ser un país minero y que ciertamente se investiga sobre el tema pero aún no se tiene una adecuada sistematización de la misma. Por lo tanto surge la necesidad de acoger esta temática de DAM en el Perú a través de un enfoque analítico con aprovechamiento de indicadores bibliométricos ya que de acuerdo a los criterios de Flores-Fernández y Aguilera-Eguía (2019), ellos permiten cuantificar los trabajos, detectar enfoques y limitaciones de los mismos, a la vez, se puede deducir estrategias para generar más visibilidad, impactos en la comunidad científica de los artículos en el futuro.

La presente investigación ha realizado un análisis bibliométrico de la producción científica publicada sobre DAM en el Perú para el período 2010-2021 con el propósito de consolidar las investigaciones en una base de datos, para luego hacer análisis bibliométricos con la aplicación de indicadores bibliométricos, considerando que de acuerdo al López et al. (2008), dichos son ampliamente aceptados por la comunidad internacional como herramientas útiles para el análisis del estado de la ciencia y de la tecnología en el proceso previo a la toma de decisiones en materia política, científica y tecnológica. A demás, según los criterios de Gregorio (2004), las técnicas métricas permiten consolidar una gran cantidad de información, establecer pronósticos y tendencias que ayuden a la toma de decisiones e identificar leyes y regularidades de la actividad científica.

1.1. Planteamiento del problema

La formación de los DAM es ampliamente reconocida por la comunidad internacional como uno de los grandes problemas ambientales que se debe enfrentar las regiones mineras de todo el mundo (Herlihy et al 1990; Short et al, 1990; Sengupta, 1993; Calvo y Pérez, 1994).

De acuerdo a los criterios de Aduvire (2006), los drenajes ácidos de minas (DAM) son una de las principales fuentes de contaminación del recurso hídrico a nivel mundial, ya que los DAM pueden persistir en el ambiente décadas o más a pesar de que la mina ya no esté en su operación. Por lo tanto, es muy importante la gestión de los DAM en cuanto a la prevención de su formación en primer plano y el apropiado tratamiento de los mismos una vez se haya formado.

Según Guevara-Guerrero (2015), los DAM provenientes de minerales sulfurosos pueden ocurrirse naturalmente. Por ello que, siglos atrás, uno de los índices directos para el descubrimiento de muchos yacimientos de mineral sulfuroso fue a través de la presencia de drenaje rojiza característica de los DAM. Sin embargo, el mismo autor manifestó que la preocupación ambiental asociada con la generación de los DAM no han sido temas de interés hasta muy recientemente.

Estudios sobre los impactos causados por los DAM al medio ambiente refieren que ellos son efluentes mineros susceptibles a contaminar el ecosistema tanto a su (i) medio físico, es decir el recurso suelo, recurso hídrico tanto superficial como subterráneo así como (ii) el medio biológico, es decir su recurso de flora y fauna debido a que estos efluentes son de carácter ácido con valores de pH entre 1,5 y 6; puesto que en ello se reporta la presencia de ácido sulfúrico y elevadas concentraciones de metales pesados como el cobre, plomo, arsénico, entre otros, que son solubles a valores de pH bajos (Jennings et al., 2008).

Una de las características más importantes de los DAM en cuanto a su impactos es que una vez generados, su proceso de formación es cíclico e irreversible y perdura años o décadas

hasta tanto no sea eliminado uno de los principales agentes que lo causan (Chaparro, 2015). De tal manera que, este drenaje al circularse y/o verterse en el medio ambiente sin haber recibido tratamiento adecuado previo, perjudicaría la calidad del entorno como la calidad de agua, y en grandes rasgos el ecosistema.

Uno de los mecanismos para la comprensión y un entendimiento claro sobre la tendencia del desarrollo y también la evolución del conocimiento sobre la temática del DAM sería la realización de un estudio bibliométrico, a través del cual se logrará un análisis integral de la colección del fundamento por cada estudio sobre dicho tema realizado entre los años 2010 y 2021 en el Perú. No obstante, a pesar de su importancia, este tipo de estudio sobre el tema no ha sido realizado en el país, en tal sentido no se cuenta aún con esta valiosa herramienta de análisis que podría ser de mucha utilidad a la hora de tomar decisión sobre todo para las entidades gubernamentales como los ministerios, los gobiernos locales, y/o a nivel instituciones académicas.

Con la recolección de datos sobre estudios, investigaciones de los DAM para luego elaborar una base de dichos datos utilizando el Excel, se obtendrá informaciones de interés y de utilidad para el desarrollo del conocimiento científico del mismo tema. En este sentido, esta base de datos funcionará como un soporte a la sociedad, siendo el resumen del grado de estudio y/o reseña histórica con carácter reciente y actualizado sobre la evolución de los estudios de DAM en el Perú. Asimismo, ella podría también servir como un registro virtual centralizado sobre el tema de DAM, donde nuevas investigaciones relacionadas puedan unirse para enriquecerla. Una vez teniendo la base de datos elaborada, con la ayuda de herramientas de análisis estadísticos y criterios de evaluación, se podrá establecer la tendencia y la evolución del conocimiento de la temática tratada en el tiempo.

1.2. Descripción del problema

El Perú es considerado un país minero, siendo esta, una de las actividades que más aporta a la recaudación fiscal y en los últimos 10 años representó una participación de 8.7% en el PBI para el Perú (IPE, 2021). Sin embargo, dicha actividad también lleva consigo conflictos y problemas socio-ambientales ya que es propenso a la alteración del medio ambiente. Los DAM forman parte de efluentes mineros que por sus propias características si no se llegan a ser tratado propiamente y adecuadamente causará impactos negativos al medio ambiente, especialmente, al recurso hídrico y al recurso suelo. Por lo tanto, los temas relacionados a la naturaleza de los DAM como el potencial de generación, la caracterización y el control de los mismos son puntos que las entidades mineras deben considerarlos para su adecuado manejo teniendo en cuenta estrategias que prevalecen la sostenibilidad.

Si se logra recopilar, extraer y luego analizar informaciones actuales detalladas en los estudios realizados del tema de DAM a partir de diversas bases de datos provenientes de los ministerios, gobiernos locales, gobiernos regionales, centros mineros, revistas científicas, centros de investigaciones así como las universidades a nivel nacional, se podría crear un registro de dato exclusivo del tema de los DAM, el cual considerado como una herramienta esencial y elemental para el análisis y por consiguiente brindar utilidad a los usuarios respecto a la selección de métodos para el tratamiento de DAM. Por lo tanto, surge la necesidad de realizar un estudio bibliométrico sobre los DAM en el Perú en base a informaciones publicadas en la última década, es decir entre 2010 y 2021.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la producción científica sobre la temática de DAM realizada en el Perú durante el período 2010-2021?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el impacto de la producción científica publicada en el Perú durante el período 2010-2021 sobre el tema DAM?
- ¿Cuál sería el método de tratamiento de DAM que más ha sido recomendado para ser utilizado en el Perú?
- ¿De qué manera se puede estructurar un registro de datos sobre la producción científica relacionada a la temática DAM en el Perú, período 2010-2021?

1.4. Antecedentes

Existe una diversidad de estudios bibliométricos realizados en la comunidad científica tanto a nivel internacional y nacional en diferentes áreas de investigación.

Internacional

Para el sector de Agricultura, Bravo (2005) presentó su tesis de grado doctoral sobre “La producción científica de México en ciencias agrícolas a través de las bases de datos internacionales: agricola, agris, cab abstracts, science citation index, social science citation index y tropag & rural, en el período 1983-2002”. Este estudio utilizó búsqueda, filtrado y conversión de los registros a bases de datos, también con análisis cuantitativo para la generación de datos que permita una interfaz de acceso para los usuarios a través de indicadores bibliométricos, de la producción de artículos de revistas científicas en el área de las Ciencias Agrícolas en México durante los años 1983-2002.

Gómez-García et al. (2012) en su investigación denominada “Estudio bibliométrico de la Revista Educación XX1 de los últimos diez años” afirman que los estudios bibliométricos

han adquirido hoy en día gran importancia en el ámbito científico. Ellos analizaron un análisis bibliométrico a su revista que fue incorporada a Web of Science donde se pretende conocer la situación actual de la misma. Utilizaron una serie de indicadores bibliométricos entre ellos: índice de autoría, nacionalidad de los autores, universidad de procedencia, idioma de publicación, número de referencias por año en cada artículo y número de descargas por artículo, entre otros.

Daniele de Souza (2013) presentó un análisis bibliométrico sobre la actividad científica en el campo de la Organización del Conocimiento en Brazil, utilizándose publicaciones de la base de datos ISI Web of Science – WoS. La importancia del estudio bibliométrico es sostenida por la necesidad de conocerse y evaluar la productividad y mesurar las investigaciones y los autores, permitiendo la detección de modelos y patrones sobre la Organización del Conocimiento. Los procedimientos metodológicos son del tipo exploratorio-descriptivo y algunas etapas fueron establecidas para mejor desdoblamiento: revisión bibliográfica para fundamentar la investigación, identificación de la base de datos, elaboración de la expresión de búsqueda, colecta de datos, organización y tratamiento bibliométrico con el software Vantage Point, y finalmente representaciones gráficas con el auxilio del Microsoft Excel.

Del sector relacionado a la energía y mina, Aguirre (2013) realizó el análisis bibliométrico de los artículos publicados en la revista Minería y Geología en el período 2000-2010, el que mide el comportamiento de la producción científica de los investigadores del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (Cuba), a través de los artículos publicados en la revista Minería y Geología en el periodo 2000-2010. Se presenta al grupo de investigadores que publican en esta revista, así como la cuantificación de los títulos de los trabajos publicados por ellos; se aplican técnicas bibliométricas para su estudio. Del análisis se obtienen resultados sobre la productividad científica de los autores, la productividad científica anual, el

comportamiento de la productividad científica por departamentos docentes y el temático que más se publica.

López & Gonzáles (2013) realizaron un estudio bibliométrico de algunos indicadores en los primeros 199 artículos publicados en CorSalud, con el objetivo de conocer el estado actual y la evolución de sus contenidos. Se utilizó el método descriptivo y transversal de forma retrospectiva, analizando los artículos publicados en la Revista CorSalud entre el primer trimestre del año 2009 y el primer trimestre del año 2013 ambos inclusive, por origen de procedencia del primer autor, tema de publicación, composición y actualización de las fuentes de referencia y número de autores firmantes.

Sanz-Valero et al. (2014) hicieron una caracterización de la producción científica de la Revista Panamericana de Salud Pública /Pan American Journal of Public Health (RPSP), como publicación científica de referencia en el área de la salud pública en las Américas a través de método descriptivo transversal a partir de los artículos publicados en la RPSP entre 1997 y 2012. Se analizaron indicadores bibliométricos de productividad (documentos publicados, idiomas, autoría, e índices de productividad y colaboración); palabras clave; y referencias bibliográficas, su estructura (tipo de documento) y grado de obsolescencia, entre otros.

Ríos y Ronquillo (2014) presentaron un trabajo de investigación para recopilar los datos bibliográficos de los artículos científicos de las revistas de agro-ciencias para crear catálogos de autoridades de autores y de revistas y a su vez colaborar con la base de datos histórica-bibliográfica del Atlas de la Ciencia Mexicana que incluye diversas áreas del conocimiento como: ciencias de la tierra, ciencias de la salud, ciencias físicas, matemáticas, ciencias químicas, ciencias biológicas, ingeniería, ciencias sociales y humanidades.

Invernizzi et al. (2015) examinaron, con base en informaciones provenientes de publicaciones científicas y grupos de investigación, el estado de la investigación en nanotecnología aplicada a las áreas de medicina, energía y agua en América Latina. Tales áreas

han sido consideradas de especial relevancia para atender las necesidades sociales de los países en desarrollo. El estudio mostró que los países de la región han incorporado estas áreas a sus agendas de nanotecnología y que varios países poseen capacidades crecientes de investigación. No obstante, estas capacidades están concentradas en Brasil y México, y las redes regionales de colaboración son aún débiles.

Para el enfoque sobre el tema de la energía renovable Romo (2016) presentó su tesis de grado doctoral sobre la producción científica en Energías Renovables a nivel de Europa a través de la revisión de las bases de datos como ISI (Information Science Institute), Scopus, Web of Science. El trabajo contempla en la revisión del estado de la temática así como las tendencias en la evaluación de la actividad científica relacionada con el tema de la Energía Renovable.

Para el sector de salud y educación, Corrales-Reyes et al. (2017) analizaron los artículos publicados en la revista Investigación en Educación Médica en el período 2012-2016, la que pertenece a la Universidad Nacional Autónoma de México. Se realizó un estudio bibliométrico descriptivo-retrospectivo de los documentos publicados en dicho período utilizando varias variables como total de números, total de artículos, citas, promedio de citas por año, promedio de citas por artículos, índice h, índice g, índice h contemporáneo (hc), grado de actualidad de las referencias bibliográficas según el índice de Price e idiomas de las referencias bibliográficas, entre otros. Utilizaron el criterio de cálculo para los indicadores cuantitativos tomando como base de datos el Google Académico.

La realización del estudio bibliométrico también tiene el enfoque en el deporte, de así que Olmedilla et al. (2017) presentaron un estudio en el marco de su tesis doctoral sobre “Bibliometric study of doctoral theses on sports psychology. Estudio bibliométrico de tesis doctorales sobre psicología do esporte” en España, donde indicaron que utilizaron datos en la base de datos TESEO en el periodo temporal 1976-2015, y un posterior registro de todas las tesis en Microsoft Excel, para el tratamiento y codificación de cada una de las variables. Además

se utilizó la metodología descriptiva como la descripción de la muestra, de las variables, de los materiales y los insumos, también los procedimientos del trabajo.

Sobre el tema de actividades mineras auríferas, Orimoloye y Ololade (2020) realizaron la investigación “Potential implications of gold-mining activities on some environmental components: A global assessment (1990 to 2018)” y emplearon técnicas innovadoras de la bibliometría para analizar los 115 trabajos publicados en la base de datos Web of Science, período de 1990 a 2018 revelando tendencias del desarrollo científico del tema y países con más trabajos investigativos realizados.

Ojeda-Pereira y Campos-Medina (2021), realizaron la investigación “International trends in mining tailings publications: A descriptive bibliometric study”, en la cual emplearon técnicas de la bibliometría para interpretar los resultados obtenidos sobre publicaciones con temas sobre los relaves minero, período 2015-2020 a través de la búsqueda en la base de datos Scopus. Hicieron análisis para revelar tendencias de desarrollo científico del tema, el que consideran de suma importancia debido a los impactos negativos irreversibles que generan los relaves mineros al ámbito ambiental así como social. Como resultado, destacaron la productividad de China y Canadá, sin embargo, también reveló la poca productividad de países considerados mineros como Chile, Perú o Indonesia sobre el tema.

Gusti et al. (2023) realizaron la investigación “Alternative Low-Cost Treatment for Real Acid Mine Drainage: Performance, Bioaccumulation, Translocation, Economic, Post-Harvest, and Bibliometric Analyses” sobre alternativas para el tratamiento de DAM con bajo costo, y con el análisis bibliométrico (entre otros) concluyeron que la fitoremediación es el método de bajo costo, factible para su aplicación, amigable con el medio ambiente y no generan otros residuos posteriores.

Jin et al. (2023) realizaron la investigación “Hotspots and trends of biological water treatment based on bibliometric review and patents analysis” en la cual emplearon técnicas de

la bibliometría para interpretar los resultados obtenidos en base a publicaciones desde las bases de datos Web of Science Core Collection y Derwent Innovation Index con temas relacionados al tratamiento biológico del agua y revelar los focos y las tendencias del desarrollo científico del mismo y los patentes registrados en el ámbito internacional.

Xie et al. (2023) realizaron la investigación “Global knowledge domain and prospects in tuna research: A bibliometric analysis” donde emplearon análisis bibliométricos partiendo de investigaciones publicadas en Scindirect en el período del 1995 a 2019 con búsqueda de palabras claves que consideraron importante para el desarrollo y la supervivencia de los atunes como el cambio climático, contaminación oceánica, la sobrepesca, entre otros.

Bhardwaj y Khaiteer (2023) realizaron la investigación “What data analytics can or cannot do for climate change studies: An inventory of interactive visual tools” donde emplearon análisis bibliométricos partiendo de artículos científicos publicados sobre análisis de clima en el período 1990 a 2021 en la base de datos Web of Science core collection para revelar herramientas que se utilizan para comparar y analizar datos del clima en el ámbito internacional.

Souzanchi et al. (2023) realizaron la investigación “Innovation systems and global value chains: A Co-citation analysis of established linkages and possible future trends” donde emplearon técnicas de la co-citación para mapear la evolución de sobre los sistemas de innovación y cadenas globales de valor desde el año 1990 hasta la actualidad. Con los resultados bibliométricos obtenidos, revelaron países con más contribuciones, universidades más aportados, entre otros campos.

Miao et al. (2023) en su investigación llamada “Genotoxicity of organic contaminants in the soil: A review based on bibliometric analysis and methodological progress” emplearon técnicas biométricas para analizar publicaciones sobre la genotoxicidad de los contaminantes orgánicos en el suelo dentro del período 1992 a 2021 usando informaciones disponibles en la

base de datos de Web of Science. Entre las interpretaciones del resultado, revelaron países con más aportes del tema, el mecanismo que más generó daños y los métodos experimentales más utilizados para estudiar la temática.

Valdiviezo et al. (2023), un grupo de investigadores de Perú y Ecuador, elaboraron una investigación llamada “Scientometric study of treatment technologies of soil pollution: Present and future challenges”, en la que emplearon técnicas de la bibliometría para analizar las publicaciones en las bases de datos Web of Science y Scopus sobre la remediación de suelos contaminados durante el período de 2010 a 2021. La intención de los autores fue determinar la tendencia de desarrollo en las tecnologías de tratamiento de suelos contaminados.

Nacional

Blanco (2010) realizó un análisis sobre la revista “Educación” de la Pontificia Universidad Católica del Perú durante el período 1992-2005, para ello, analizaron los indicadores de producción (índice de productividad, índice de cooperación o número de firmas/trabajo, índice de referencias por artículo); y los indicadores de consumo (distribución de referencias según el país de origen, idioma, etc.; índice de aislamiento; índice de Price; y vida media de las referencias). Asimismo, se realizó un análisis de contenido de los artículos; y se evaluó el grado de cumplimiento, por parte de la revista, de los criterios establecidos por tres sistemas de bases de datos de revistas científicas latinoamericanas: Latindex, Redalyc y SciELO.

Mayta-Tristán et al. (2013) realizaron un estudio bibliométrico para describir la producción científica peruana en cáncer en revistas de visibilidad internacional, y evaluar las redes de colaboración científica. Se incluyó los artículos publicados sobre cáncer hechos en Perú en el período 2000 a 2011 en revistas indexadas como SCOPUS o Science Citation Index Expanded.

Para analizar las principales características de la Revista Liberabit, Romero (2014) en su investigación llamada “Estudio bibliométrico de la revista liberabit en el período comprendido entre 1995 – 2013” aplicó el método bibliométrico tomando en cuenta las variables hemerográficas más relevantes.

Arias y Lizardo (2015) analizaron las características de la ocurrencia de accidentes laborales en tres sectores socio-productivos (industria, minería y construcción) de la ciudad de Arequipa durante los años 2000 a 2009. El presente estudio es de corte básico no experimental y de nivel descriptivo. Se utilizó un diseño de investigación descriptivo transversal con series diversas cronológicas de observación (cada mes) y una metodología cuantitativa de tipo bibliométrico.

Romani et al. (2016) hicieron el estudio de la producción científica sobre las agendas nacionales de investigación en el Perú 2011-2014. Analizaron los artículos originales que tenían al menos un investigador con filiación a una institución peruana o cuya población de estudio o parte de ella procedía de Perú y enmarcados en algún tema de las Agendas Nacionales de Investigación.

Para los aportes de la psicología, Arias y Ceballos (2017) realizaron el estudio bibliométrico de la revista de psicología de la PUCP. La metodología empleada fue bibliométrica, descriptiva y cuantitativa.

Angulo et al. (2017) publicó su estudio sobre “Impacto y producción científica sobre medicina nuclear en el Perú: estudio bibliométrico”, donde realizaron búsquedas en PubMed, SciELO, repositorio IAEA, Google Académico y ALICIA; de publicaciones científicas e indicadores bibliométricos (revista, año, idioma, filiación, número de citas) realizadas por investigadores peruanos entre los años 1964-2015 sobre el tema de la medicina nuclear.

Taype-Rondan et al. (2017) hicieron conocer sobre “Producción científica en diabetes en Perú: Un estudio bibliométrico” entre 1996 y 2015 en publicaciones científicas que tuviera

la participación de autor peruano en las bases de datos WoS y Scopus. Este estudio utilizó el método descriptivo y las redes de colaboración de investigadores.

En el año 2019, el vicerrectorado de investigación de la universidad USIL realizó la investigación llamada “Estudio bibliométrico sobre e la producción científica sobre TIC en Perú (2010-2017)”. La metodología utilizada fue descriptivo transversal mediante el análisis bibliométrico de los artículos publicados en revistas indizadas en SciELO Perú entre el año 2010 y 2017 (Asmat et al., 2019 y Nicanor et al. 2019).

1.5. Justificación

El análisis de las publicaciones científicas constituye un elemento fundamental dentro del proceso de investigación, convirtiéndose en una herramienta que permite calificar la calidad del proceso generador del conocimiento y su impacto en el entorno (Rueda-Clausen et al., 2005). De acuerdo a Escorcía (2008), la bibliometría es una subdisciplina de la cienciometría y proporciona información sobre los resultados del proceso investigador, su volumen, evolución, visibilidad y estructura. Así permiten valorar la actividad científica, y el impacto tanto de la investigación como de las fuentes.

La comunidad político-científica internacional ha aceptado ampliamente los análisis bibliométricos como herramientas útiles para el análisis del estado de la ciencia y de la tecnología en el proceso previo a la toma de decisiones en materia política, científica y tecnológica (López-Illescas et al., 2008). Las técnicas métricas permiten consolidar una gran cantidad de información, establecer pronósticos y tendencias que ayuden a la toma de decisiones e identificar leyes y regularidades de la actividad científica (Gregorio, 2004).

De acuerdo a los criterios de Romaní et al. (2011), la Bibliometría en el Perú es un área de investigación de reciente interés. El desarrollo de herramientas estadísticas e informáticas

para facilitar los cálculos, así como el impulso docente y los efectos propios de la globalización, han servido para su desarrollo.

Desde este contexto, los estudios bibliométricos constituyen uno de los tipos de investigación más importantes que se realizan especialmente en el nivel de posgrado. Cuando se intenta buscar un estudio bibliométrico en las bases de datos internacionales como Scopus, con la palabra clave “bibliometric” aparece más de veinticinco mil publicaciones; asimismo, en la base de datos de Science Direct con el mismo procedimiento aparece más de quince mil publicaciones de estudios bibliométricos (búsqueda a diciembre del 2022).

Siendo los DAM una de las temáticas más preocupantes en la actividad minera, consideramos de suma importancia contar con un estudio bibliométrico de esta temática. Aspiramos a aportar al desarrollo de una minería sostenible en nuestro país y esta investigación tiene este objetivo.

El enfoque bibliométrico realizado en este trabajo mide la producción científica y su impacto mediante diferentes indicadores bibliométricos como indicadores de productividad, de citación, de contenido, de metodología e indicadores personales de los autores. Por ende, la presente investigación en DAM bajo la óptica de un estudio bibliométrico nos permite conocer las mejores propuestas investigadas en esta temáticas, tendencias de investigación, nivel de impacto de las investigaciones en DAM en el Perú, lo cual se ha sistematizado en una base de datos que estará disponible con acceso abierto para las entidades mineras, gestores, entes decisores y comunidad científica en general.

1.6. Objetivos de la Investigación

1.6.1. Objetivo general

Realizar el estudio bibliométrico de la producción científica sobre Drenaje ácido de minas en Perú en tesis, artículos científicos, trabajo de investigación e informes realizados en el período 2010-2021.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Diseñar un registro de datos de la producción científica publicada sobre DAM en el Perú durante el período de 2010 al 2021.
- Determinar el impacto de la producción científica de DAM publicada en el Perú (2010-2021) mediante análisis de los indicadores bibliométricos.
- Identificar el método más investigado y recomendado según las publicaciones sobre tratamiento de DAM en el Perú.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Estudios Bibliométricos

La bibliometría es una parte de la cienciometría y según Camps (2008), fue Pritchard en el año 1969 el primero en definir a la Bibliometría como la aplicación de métodos estadísticos y matemáticos para definir los procesos de la comunicación escrita, la naturaleza y el desarrollo de las disciplinas científicas mediante técnicas de recuento y análisis de la comunicación.

Según Hicks et al. (2015), es a partir de la segunda mitad del siglo XX, que la bibliometría es un instrumento fundamental para acercarse a la medida de producción de conocimiento y su transformación en bienes. La importancia de este instrumento ha venido creciendo a lo largo de estos últimos cincuenta años hasta convertirse en una disciplina para el desarrollo de la “Ciencia de la Ciencia”.

2.2. Indicadores bibliométricos

Según los criterios de Vallejo (2005), los indicadores bibliométricos son muy útil para visualizar el crecimiento de cualquier área científica ya que se basa en análisis sobre la cantidad de trabajos publicados, colaboración de autores, centros de investigación, impacto de las comunicaciones, países, instituciones, la producción de los científicos, el número de citas recibidas, entre otros.

De acuerdo a los criterios de Flores-Fernández y Aguilera-Eguía (2019), los indicadores bibliométricos son herramientas para cuantificar y medir las características de producciones científicas y académicas, y que a través de ellos, se pueden analizar diferentes rasgos del desarrollo científico tanto en cuanto a su producción así como el uso de datos e informaciones. Los mismos autores afirman la utilidad en el uso los indicadores bibliométricos ya que revelan resultados tangibles, medibles al analizar los diferentes criterios respecto al tema de evaluación.

Sobre la clasificación de los indicadores bibliométricos, de acuerdo a las síntesis de Vallejo (2005), en la Tabla 1 se detallan los diferentes indicadores.

Tabla 1
Los indicadores Bibliométricos.

Indicadores Bibliométricos	Descripción
Indicadores personales	<ul style="list-style-type: none"> - Edad de los investigadores - Sexo de los investigadores - Antecedentes personales
Indicadores de productividad	<ul style="list-style-type: none"> - Índice de productividad personal - Índice de colaboración - Índice de multiautoría - Índice institucional - Índice de transitoriedad
Indicadores de citación	<ul style="list-style-type: none"> - Índice de antigüedad/obsolescencia - Factor de impacto de las revistas - Índice de inmediatez - Índice de actualidad temática - Índice de aislamiento - Índice de autocitación - Coeficiente general de citación
Indicadores de contenido	<ul style="list-style-type: none"> - Temáticos o textuales - Descriptores
Indicadores Metodológicas	<ul style="list-style-type: none"> - Paradigma adoptado - Teoría desde o para la que se trabaja - Diseño específico utilizados

- Rasgos muestrales
 - Técnicas de análisis
-

A continuación, se describen las características de cada indicador mencionado:

Los indicadores personales: En este grupo se encuentran criterios para la identificación de rasgos personales de los autores, como la edad, el género y los antecedentes. Según Vallejo (2005), la aplicación de estos indicadores de carácter cualitativos, permitirá identificar rasgos característicos de los investigadores de un área científica en particular.

Los indicadores de productividad: Son indicadores de tipo cuantitativos ya que permiten cuantificar la productividad de los trabajos investigativos a través de diferentes criterios. A continuación se detalla las características de los indicadores en este grupo:

- Índice de productividad personal (IPC): determinado por la cantidad de publicaciones producidas (N_p) por el autor/grupo de autores. Dicho índice está siendo definido por Price (1969) con la siguiente fórmula: $IPC = \text{Log } N_p$.
- Índice de colaboración (IC): Este índice que mide la cooperación entre de los investigadores/grupo de investigadores. Se obtiene como la media ponderada de cantidad de autores (grupo de autores) por cada trabajo científico, a través de la fórmula $IC = (\sum_{i=1}^n J_i * n_i) / N$. Entre ellos, J_i es la cantidad total de investigaciones con múltiples autores; n_i es la cantidad de documentos con J autores; N es la cantidad total de investigaciones.
- Índice de multiautoría: Este índice está determinado por el conteo de cantidad de autores que elaboran cada investigación. De acuerdo a Fernández Cano (1995), este indicador permite la detección de los “colegios invisibles”- o sea, el grupo de investigadores que se conocen, tienen interrelaciones y vínculos científicos entre sí ya que comparten intereses común en un determinado campo de estudios científicos.

- Índice institucional: Este índice se refiere al centro de investigación al cual pertenece el autor o los autores. Con la obtención de este índice, se determinará la productividad científica de cada centro de investigación.
- Índice de transitoriedad: Este índice identifica autores que solo elaboran un trabajo de investigación en una determinada área científica. Este índice detecta los autores permanentes y autores transitorios.

Formando parte de los indicadores de productividad se encuentran también los Indicadores de Tipo de investigación (tesis, artículos, informes), el año de publicación de cada trabajo de investigación, el idioma utilizado para el desarrollo del trabajo (inglés, español y otro), distribución geográfica del área de estudio de cada trabajo de investigación, ello para identificar el interés de los autores en estudiar un área geográfica en especial.

Los indicadores de citación: A continuación se detallan rasgos característicos de los indicadores de este grupo:

- Índice de antigüedad/obsolescencia: Este índice refiere a la fecha de elaboración de las investigaciones científicas. El análisis de este índice está vinculado a la actualización de la literatura científica para revelar si ella se refleja o no el desarrollo de la tecnología y el avance del conocimiento.
- Factor de impacto de las revistas: Este índice está determinado por la cantidad de citas que reciba un trabajo de investigación posterior a la fecha de su publicación.
- Índice de inmediatez: Está siendo definido por la rapidez que un trabajo de investigación ya publicada reciba la primera cita. Este índice refleja la importancia, la actualidad del tema de investigación por la necesidad de otros autores citarlo y evoluciona el conocimiento científico.

- Índice de actualidad temática: Este índice profundiza la importancia de una determinada temática de investigación independientemente de la fecha de elaboración y/o la rapidez en ser citado.
- Índice de aislamiento: Este índice está definido por el porcentaje de citas bibliográficas que reciben un trabajo de investigación, tal que las citas y el trabajo provienen de un mismo país de origen.
- Índice de autocitación: Es el porcentaje de las autocitas que el investigador utiliza en su trabajo de investigación respecto a la cantidad total de las citas bibliográficas.
- Coeficiente general de citación: Partiendo del nombre de autor de una investigación dada se puede determinar el coeficiente general de citación ya que refleja la cantidad de citas que este recibe en diferentes trabajos.

Formando parte de los indicadores de citación se encuentran también los indicadores de tipo de investigación (tesis, artículos, informes) usado como citas, el año de publicación de cada cita, el idioma utilizado para redactar cada cita (inglés, español y otro) y distribución geográfica de cada trabajo de investigación, o sea, el centro de investigación o el país proveniente de cada cita.

Los indicadores de contenido: En este grupo de indicadores están los indicadores que se basan en el contenido de la temática de investigación y los descriptores investigativos, los que son definidos a través de la revisión de palabras claves, conceptos o principios fundamentales de cada investigación para identificar la tendencia de desarrollo, evolución del conocimiento del tema a través de un período determinado.

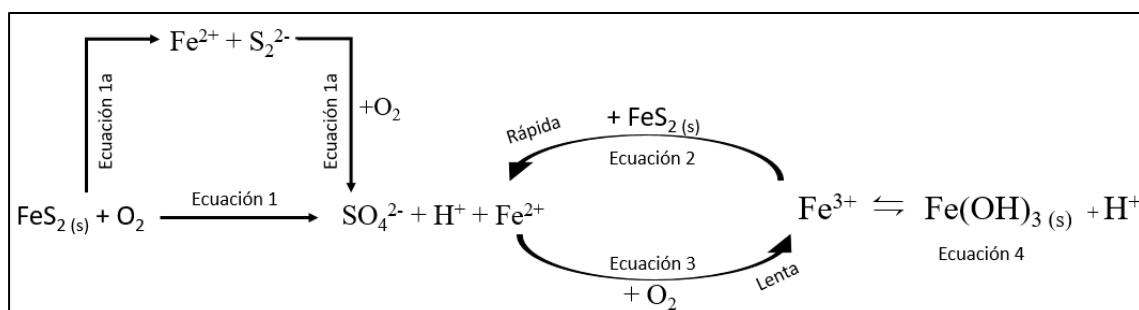
Los indicadores de metodología: En este grupo de indicadores están los indicadores relacionados a la metodología, procedimiento que adopta los autores para desarrollar una temática de investigación como paradigma adoptado, teoría desde o para que se trabaja, diseño de investigación, rasgos muestrales y técnicas de análisis.

2.3. Drenaje Ácido de Mina

Según INAP (2012), la potencia de generación de los DAM se da cuando los sulfuros de hierro y en especial la pirita entran en reacción de oxidación en conjunto con el agua y el oxígeno. Dicha reacción puede ocurrirse en presencia o no de agentes bióticos (microorganismos). En la siguiente figura (Figura 2) se esquematiza el modelo de la generación de DAM según la síntesis de Stumm y Morgan (1981).

Figura 2

Modelo de la generación de DAM



Fuente: Stumm y Morgan (1981).

En este modelo se encuentran las vías de formación del DAM a partir de la oxidación de la pirita:

Ecuación 1: Oxidación directa de la pirita en presencia de agua, oxígeno.

Ecuación 1a: La oxidación de la pirita en su estado disuelto dentro de la solución.

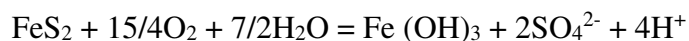
Ecuación 2: El hierro férrico acuoso reemplaza el papel de oxidante al oxígeno y oxidar la pirita. De hecho, esta reacción ocurre a mayor velocidad y también genera el ambiente con más acidez que la reacción donde el oxígeno es agente oxidante (la ecuación 1). Sin embargo, dicha reacción se da solamente cuando haya abundante disponibilidad de hierro férrico disuelto y el pH del medio sea ácido ($\text{pH} \leq 4.5$).

Ecuación 3: El hierro ferroso formado podrá ser oxidado por el oxígeno para formar más hierro férrico, en esta reacción suele participar los agentes bióticos catalizadores. Sin embargo, dicha reacción solo se da de manera eficiente cuando el medio acuoso sea

ácido y haya abundante oxígeno tanto para la reacción y la demanda de bioquímica de las bacterias catalizadoras, por lo que dicha ecuación suele sucederse con velocidad más lenta que la ecuación 2.

Ecuación 4: Es la conversión del hierro ferroso en hierro férrico bajo la forma de hidroxilo de hierro un componente insoluble por ende podría ser retirado de la solución. La formación de este hidroxilo en la solución es responsable del color amarillo rojizo típico de los DAM.

Cuando se combina la ecuación 1 y ecuación 4, se obtiene la siguiente ecuación global de la generación de los DAM a través de la oxidación de la pirita:



Se debe precisar que, el drenaje ácido no ocurre únicamente en las minas, por lo que el término "drenaje ácido de roca" o DAR también es usado comúnmente. De tal manera que los "DAM o DAR" son drenajes contaminados que resultan de la oxidación de minerales sulfurados y lixiviación de metales asociados, provenientes de las rocas sulfurosas cuando son expuestas al aire y al agua. El desarrollo de DAM es un proceso dependiente del tiempo y que involucra procesos de oxidación tanto química como biológica y fenómenos físico-químicos asociados, incluyendo la precipitación y el encapsulamiento (ingenieroambiental, s.f.).

2.4. Tipos de tratamiento de DAM

De acuerdo a los criterios de Aduvire (2006), el objetivo fundamental del tratamiento de los DAM es neutralizar la acidez del efluente tratado, eliminar y el aislar a los metales, aniones metálicos y sustancias contaminantes como sólidos en suspensión, arseniatos, antimoniatos y otros que forma parte de los DAM antes de someterse a los tratamientos.

Dentro de los tratamientos, las técnicas de precipitación son consideradas efectivas ya que logra la obtención de efluentes pos-tratados con calidad deseada. Sin embargo, el mismo autor sostiene que esta técnica enfrenta una gran dificultad si el efluente posee disolución de

metales pesados disueltos. Otras técnicas de tratamiento que mencionó Aduvire (2006) son oxidación clásica, ozonización, oxidación bacteriana, Técnicas de control biológico, Adsorción por carbón activo, Neutrólisis, entre otros. El autor sugirió como la buena práctica, la combinación de técnicas en el tratamiento de los DAM para la obtención de un resultado óptimo.

Además, se considera importante resaltar el consejo brindado por Aduvire (2006), en que, antes del vertimiento de cualquier efluente, se debe verificar su estabilidad en el sentido que los componentes de este no generarán reacciones tanto química como biológica con los elementos naturales que pudiera encontrarse en su entorno y que no producirán daños al medio ambiente.

Se puede agrupar dos tipos de métodos para el tratamiento de los DAM, los cuales son Tratamientos activos y Tratamientos pasivos.

Los tratamientos activos constan generalmente de la adición de sustancias químicas para neutralizar los DAM. La ventaja de estos tratamientos es que se logra el objetivo en un corto tiempo y de una manera eficaz. Sin embargo, requieren de un proceso de operación y control continuado; de la misma manera, un mantenimiento frecuente a las instalaciones de aireación y mezclado. Asimismo, se necesita de un almacenamiento adecuado para los lodos recuperados ya que contienen carga metálica. Debido a que normalmente se esperaría trabajar con grandes volúmenes de DAM, el coste del proceso suele ser elevado.

Por otro lado, los tratamientos pasivos presentan como ventajas, el aprovechamiento de componentes/materiales de origen natural para lograr el objetivo. Asimismo, como el proceso funciona por sí solo, se necesita una mínima intervención del hombre. Según la opinión establecida por Denegri-Muñoz e Iannacone (2020), estos tratamientos son usados con frecuencia en países industrializados ya que brindan resultados que se consideran interesantes. De acuerdo al Aduvire (2006), este método muestra buena eficacia en el tratamiento de los

DAM de pequeños caudales, como lo que puede suceder en minas abandonadas. Además, estos tipos de métodos pueden ser sustentables a largo plazo ya que el empleo de un método de tratamiento activo no puede seguir siendo mantenido por mucho tiempo después de que la mina llegue a su límite de vida. Los métodos pasivos pueden ser humedales, drenajes anóxicos calizos, sistemas de producción de alcalinidad y otros. Sin embargo, la desventaja de este método es el requerimiento de una gran extensión de superficie para su aplicación y el tiempo de tratamiento es más largo respecto a los tratamientos activos.

En la Tabla 2 se encuentra algunos métodos para el tratamiento de DAM, los que serán descritos líneas abajo.

Tabla 2
Métodos de tratamiento de DAM

Grupo de tratamiento	Técnicas de tratamiento
	Con cal
	Con caliza
	Combinado de caliza y cal
	Con sosa cáustica
Tratamiento activo	Con carbonato sódico
	Agentes para la precipitación de metales pesados: Amoniac, sulfuro sódico, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, Planta de lodo de alta densidad (HDS) y proceso de neutralización coagulación decantación (NCD).
	Humedales aerobios
	Humedales anaerobios
Tratamiento pasivo	Drenaje anóxico calizo
	Drenaje óxico calizo
	Sistema de producción sucesiva de alcalinidad (SAPS)
	Barreras reactivas permeables (PRB)

2.4.1. Tratamientos activos

Los métodos agrupados dentro de los llamados Tratamientos activos son:

Tratamiento con Cal: Consiste en el uso de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para el tratamiento de DAM que presentan alto grado de acidez. Esta adición es también eficiente para tratar volúmenes grandes de DAM.

Tratamiento con caliza: Consiste en el uso de CaCO_3 para el tratamiento de DAM. El uso de esta técnica es considerado más económico y más simple en su manejo ya que la caliza presenta un costo más bajo y su propiedad no dificulta su manipulación.

Tratamiento combinado de Caliza y Cal: Se utiliza este método combinado para controlar de forma secuencial el pH. Lo que se suele usar sería primero utilizar la caliza para elevar el pH hasta 4 ó 4,5 y luego seguirlo con la adición apropiada de cal.

Tratamiento con sosa cáustica: Consiste en el uso de NaOH para el tratamiento de DAM. Este método suele ser el elegido para tratar pequeños caudales de DAM. El motivo de ello, para Aduvire (2006), es un método muy eficiente porque posee propiedades beneficiosas del hidróxido de sodio en cuanto a su solubilidad y la rapidez para elevar el pH, el inconveniente está en su elevado costo del material y el peligro de su manipulación.

Tratamiento con carbonato sódico: Consiste en el uso de Na_2CO_3 para el tratamiento de DAM. Al igual que el método anterior, suele ser el elegido para tratar pequeños caudales de DAM, además deben tener bajas concentraciones de hierro.

Aduvire (2006) también enfatizó en el uso de diferentes agentes químicos para la eliminación de metales pesados en los DAM a través de la precipitación, como:

Amoniaco: Se considera un método eficaz ya que el agente (amoníaco) es soluble y la reacción es rápida. Sin embargo, una desventaja de este método es la formación de complejos de nitrato amónico, siendo una sustancia peligrosa para la salud humana (NJHealth, 2016).

Sulfuro sódico: Este método es favorable en el sentido de que como el producto de la precipitación química, generan compuestos muy insolubles portadores de metales pesados. Sin embargo, una desventaja de este método es la formación de ácido sulfhídrico (H_2S), sustancia

toxica bajo el criterio de Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR).

Ácido sulfúrico: Es un método que brinda resultados rápidos y de bajo coste de tratamiento, sin embargo, como desventaja la precipitación de CaSO_4 , siendo un producto de cristalización muy lenta¹, por lo que dificulta su eliminación del efluente causando así la dificultad en reducir la dureza total del agua (Espigares y Pérez, sf).

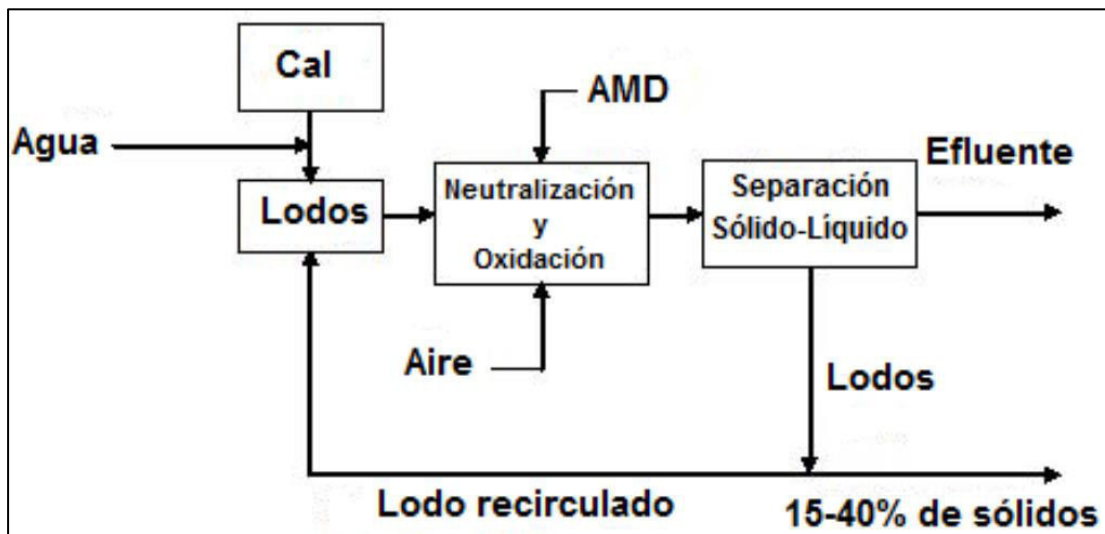
Ácido clorhídrico: Es un método que brinda resultados rápidos y produce la remoción eficiente de metales pesados pero como inconveniente se encuentra su alto coste del tratamiento.

Asimismo, Aduvire (2006) enlista otros procesos prácticos que se encuentran dentro del grupo de tratamientos activos de DAM:

Planta de HDS: El proceso de HDS (high density sludge) consiste en la recirculación a través del bombeo del lodo final del estanque de sedimentación que ya se encuentra mezclada con Cal, este proceso regulariza el pH hasta el nivel deseado, y el mismo proceso cinético de movimientos de partículas hace que aumente el contacto de las partículas sólidas provocando así el efecto de coagulación de las partículas de cal en los precipitados. Además, la reacción es controlada y que las partículas de lodo contienen una capa de sílice que abriga y hace que precipite nuevos hidróxidos de hierro. A continuación, se visualiza en la Figura 3 el esquema del proceso de HDS en el tratamiento de DAM bajo el planteamiento de Espinosa-Rodríguez et al. (2016).

Figura 3

Proceso de HDS en el tratamiento de DAM.

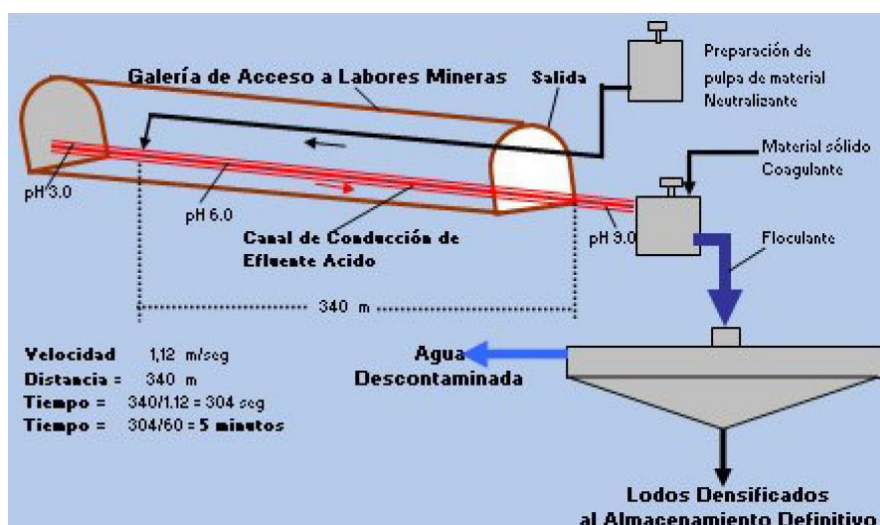


Fuente: Espinosa-Rodríguez et al. (2016)

Proceso NCD: El proceso NCD consiste en la neutralización coagulación-decantación de los efluentes. Se introduce un agente coagulante sólido para densificar los precipitados coloidales siendo el resultado de la neutralización. El resultado del proceso es la neutralización de las aguas y la precipitación de los metales disueltos bajo forma de coloidales. En la Figura 4, Villachica (2005) presentó esquemáticamente una planta de tratamiento de DAM con el empleo del proceso NCD:

Figura 4

Planta de tratamiento de DAM por el proceso de NCD.

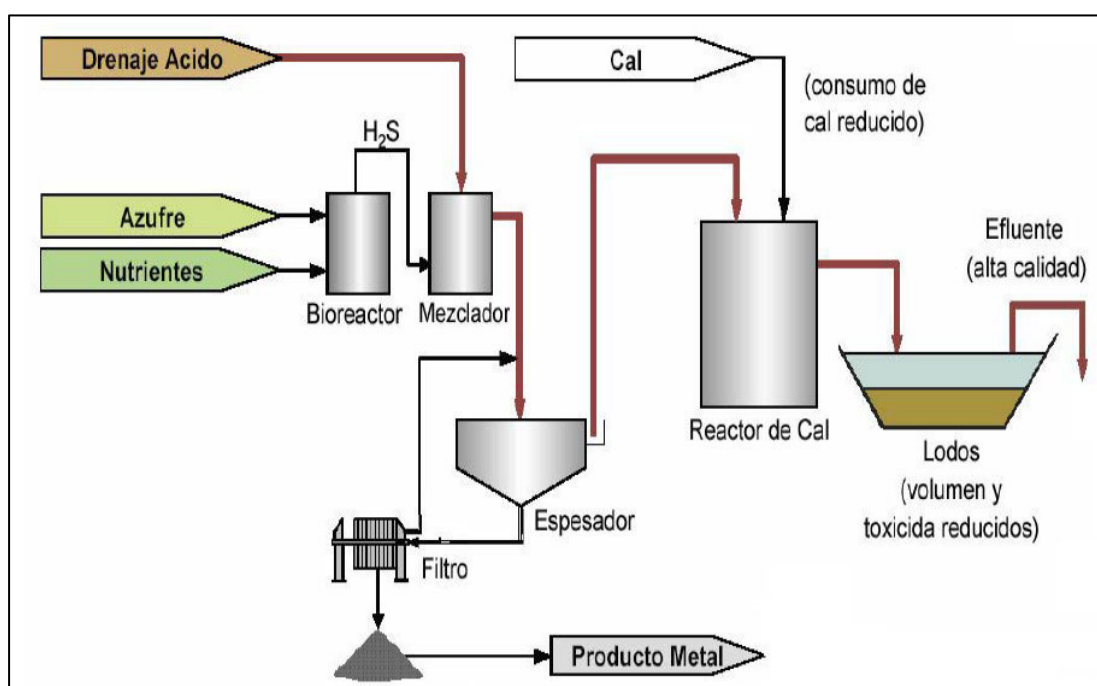


Fuente: Villachica (2005)

Proceso Bioteq: Es un proceso que consiste en reducir componentes como azufre y sulfato. Como el resultado de este proceso, la obtención de un agua más limpia y tener un producto que pueda ser utilizado para la recuperación de metales. A continuación, se presenta en la Figura 5, el esquema de proceso de Bioteq para el tratamiento de DAM mediante la reducción del sulfato y recuperación de metales según lo planteó Aduvire (2006).

Figura 5

Modelo de planta de tratamiento de DAM por el proceso Bioteq.



Fuente: Aduvire (2006)

2.4.2. Tratamientos pasivos

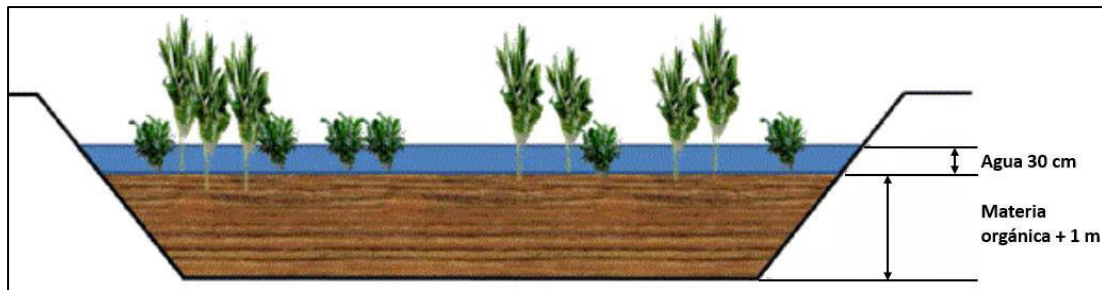
El fundamento teórico de este tipo de método es modificar las condiciones de las aguas (Eh y pH) a través del uso de procesos físico-químicos que permiten la formación de componentes insolubles de metales y que pueden precipitarse. Se suele utilizar bacterias como acelerador del proceso de precipitación y agente alcalino para regularizar el pH. Los métodos agrupados dentro de los Tratamientos pasivos son:

Humedales aerobios: Es un sistema artificial que pretende copiar el comportamiento de un sistema de humedal natural. Se diseñan ambientes apropiados para el desarrollo de ciertas

plantas y comunidades bacterianas de interés, que con su presencia, poco a poco se logra depurar los flujos (DAM) que circula por el sistema. Además, el desarrollo del sistema genera bacterias catalizadoras de procesos de oxidación de componentes contaminantes, por ejemplo, convirtiéndose los iones Fe^{2+} a Fe^{3+} y finalmente en hidróxidos precipitados en el fondo. En la Figura 6 se visualiza la presentación esquemática de Sánchez y Ferreira (2016) sobre un sistema de humedal aerobio para el tratamiento pasivo de DAM.

Figura 6

Esquema de un humedal aerobio



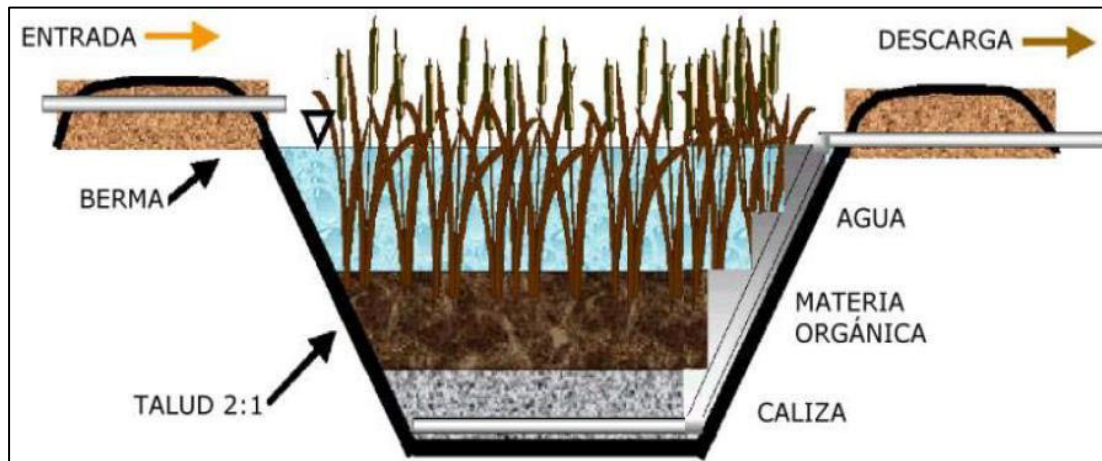
Fuente: Sánchez y Ferreira (2016)

Humedales anaerobios o balsas orgánicas: Es un sistema de humedal artificial que, a diferencia del humedal aeróbico, se debe permanecer un ambiente anaeróbico para el desarrollo adecuado del sistema. Para ello, se diseña un sistema de balsa que consta de 3 capas, desde abajo hacia arriba, contiene: (i) una capa de material alcalino para regularizar el pH del agua; (ii) una capa de 30-60 cm de materiales orgánicos, ya que esta capa puede eliminar la presencia de oxígeno disuelto provocar la reducción de iones de hierro y generar ambiente alcalino que favorezca la neutralización; y, (iii) una capa de agua (DAM) con espesor mayor a 30 cm, ello para que mantenga las condiciones anaeróbicas. Una vez terminado la balsa, se introduce vegetaciones típicas de humedales para que fortalezcan a los sustratos y también para la generación de más materias orgánicas al sistema. Este sistema brinda la remoción de iones de hierro disueltos (Fe^{2+} y Fe^{3+}) y a menor medida manganeso (Mn^{2+} a Mn^{4+}) formando óxidos

e hidróxidos de baja solubilidad. En la Figura 7 se visualiza la presentación esquemática de Aduvire (2006) sobre un sistema de un humedal anaerobio para el tratamiento pasivo de DAM.

Figura 7

Diseño de un humedal anaerobio

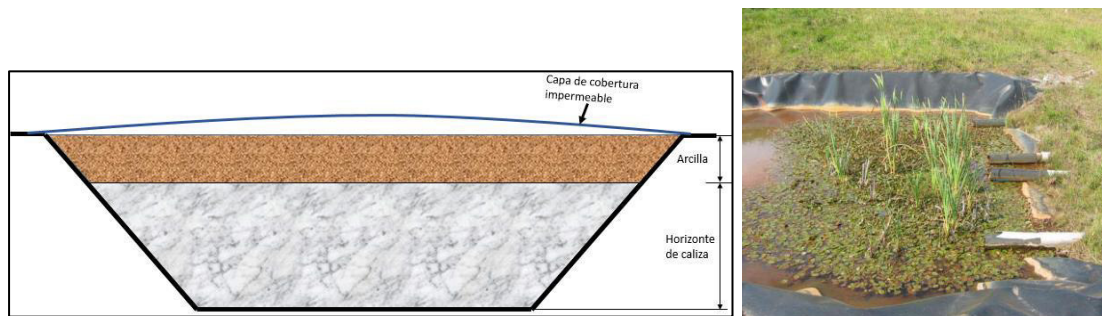


Fuente: Aduvire (2006)

Drenaje anóxico calizo (ALD): El sistema está compuesto por zanja rellena de materiales calcáreos en el fondo, la que es recubierto por una lechada de suelo arcilloso y finalmente una capa impermeable. La capa recubierta hace que el sistema tenga el carácter anaeróbico. En este sentido, provoca la mejor disolución de la capa calcárea del fondo al paso de los DAM. El uso de un ALD, según Aluvide (2006), es solamente convertir un agua que es ácida a otra agua que es alcalina. Por ello, para completar con el tratamiento, el agua tratada por el ALD debe pasar a otro sistema para la remoción de metales. A continuación se presenta el diseño de un canal ALD.

Figura 8

Configuración de un sistema ALD.

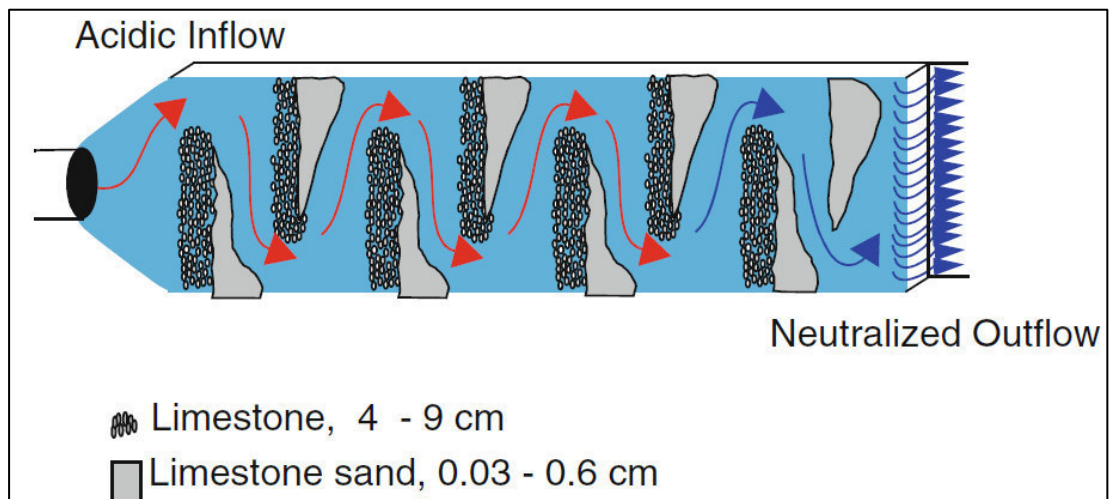


Fuente: Aduvire, 2006.

Drenaje óxico calizo (OLD): Este método está diseñado con el acondicionamiento de un canal relleno de caliza para que el flujo de los DAM recorre por él. La reacción entre los DAM y la caliza hace que incremente el pH y a la vez produce la precipitación de componentes disueltos con Fe y Al a través de la oxidación e hidrólisis. A continuación se presenta un esquema ejemplar (Figura 9) de uso de OLD que Cravotta III (2010) presentó para el tratamiento pasivo de DAM en la cuenca Swatara Creek - Pennsylvania, USA.

Figura 9

Canal abierto de caliza para tratamiento de DAM.

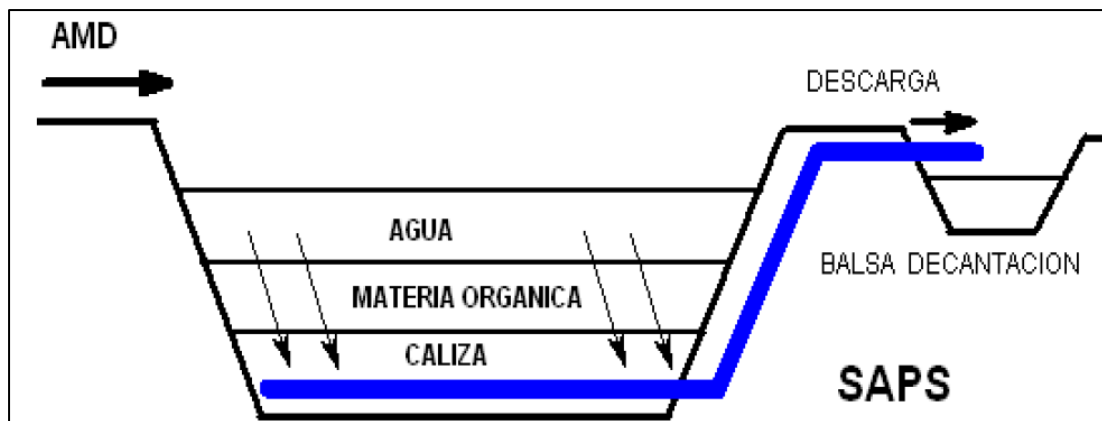


Fuente: Cravotta III (2010)

Sistema de producción sucesiva de alcalinidad (SAPS): Este sistema combina el uso de dos métodos antemencionados: de la balsa orgánica y el ALD para el tratamiento de los DAM. Como resultado, por un lado, con la parte de la balsa orgánica se logra la retención de metales y la reducción del sulfato, y por otro lado, con el empleo de ALD se incrementa el pH neutralizando los DAM. En la Figura 10, Aduvire (2006) esquematizó un diseño de tratamiento de DAM con el uso de método combinado de producción sucesiva de alcalinidad (SAPS).

Figura 10

Diseño esquemático de un sistema SAPS en el tratamiento de DAM.

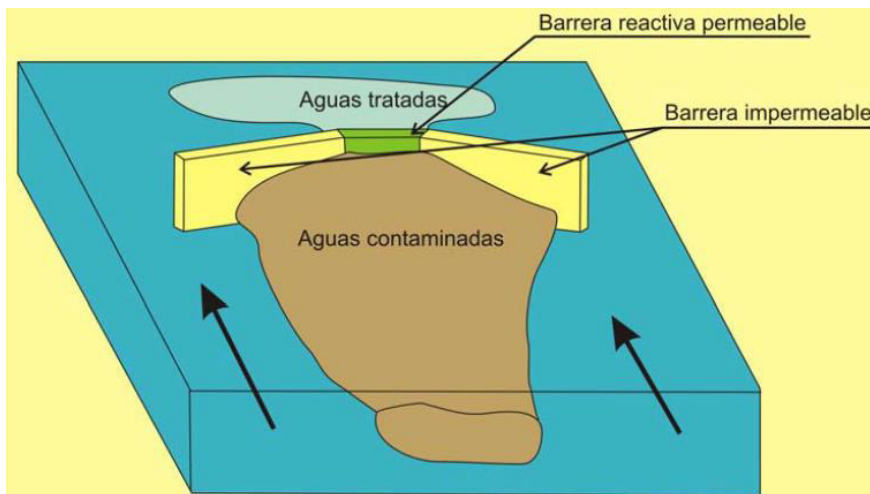


Fuente: Aduvire (2006)

Barreras reactivas permeables (PRB): Este método de tratamiento se emplea para flujos subterráneos de DAM. Consiste en hacer un muro o una barrera en dirección perpendicular a la del flujo, en este muro se rellena con materiales reactivos como materiales orgánicos, materiales calcáreos, etc que pueden por sí solo depurar el fluido que lo atraviesa y deja en la salida un agua con pH incrementado y menos cargas de metales ya que se encuentran retenidos en el muro. En la Figura 11, Aduvire (2006) ilustró un diseño esquemático de las barreras reactivas permeables en el tratamiento de DAM subterráneo.

Figura 11

Diseño de un sistema de PRB en el tratamiento de DAM.



Fuente: Aduvire (2006)

2.5. Registro de datos

Un registro de datos o base de datos, se entiende como una herramienta computarizada para registrar y almacenar la información. Bajo permisos, los diferentes usuarios podrán tener el acceso, el uso e incluso la actualización de la información. El término “información” puede entenderse como cualquier cosa que sea de interés para el individuo u organización en el proceso de su administración (Date, 2004).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Para el presente estudio bibliométrico, se empleó los procedimientos metodológicos del tipo exploratorio-descriptivo, el mismo fue usado para medir los indicadores bibliométricos.

3.2. Población

Se registró y analizó cada una de las publicaciones científicas sobre el tema de DAM en el Perú en el período del 2010 a 2021.

3.3. Muestra

La muestra se conforma por publicaciones sobre los DAM en el Perú. Para el efecto de verificación, se procedió a realizar una búsqueda bibliográfica exhaustiva en las base de datos como SciELO, Google Académico y ALICIA (Repositorio digital del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica-CONCYTEC- de Perú) y DIANET; de las publicaciones científicas de DAM en el Perú durante el período 2010 – 2021 provenientes de autores nacionales como internacionales. Se registran publicaciones científicas con el contenido completo y/o por lo menos la filiación de los autores, el resumen y la referencia bibliográfica.

3.4. Procedimientos

Para dar el cumplimiento de los objetivos específicos planteados en la investigación, luego de haber elaborado el estado de arte sobre la temática investigada, se ha realizado los siguientes procedimientos:

- Elaboración de una base de datos llamado “Data DAM Perú” en formato Excel para almacenar las publicaciones que se identifiquen, considerando los campos según lo detallado en la Tabla 3. Dichos campos fueron ordenados para la investigación. A

continuación se presenta el detalle de los diferentes campos que contienen la base de datos “Data DAM Perú”, período 2010-2021, los que fueron datos de entrada para el presente estudio bibliométrico.

Tabla 3

Los campos de la base de datos “Data DAM Perú”

Campo	Descripción
Numero	Orden numérico simple de los trabajos de investigación
Autor (es)	Apellidos y nombres de los autores del artículo
Género	Indicar si el autor o los autores son de género masculino, femenino o mixto.
Título	Nombre completo del artículo científico
Categoría	Detallar si es tesis de pregrado, posgrado, revista, informe, etc.
Editora	Nombre completo de universidad, revista, boletín, etc.
Año	Año de la publicación de cada trabajo de investigación
Volumen	Indica el número del volumen de la publicación
Número	Indica el número de la publicación
Páginas	Indica el rango de páginas
DOI	(DOI= Digital Object Identifier) que es el indicador más usado para identificar los artículos científicos electrónicos, revistas completas, partes de artículos, audios, videos, imágenes e incluso software.
Tema	Prioridad de la investigación, si se trata de propuesta de método de tratamiento de DAM o la caracterización de los mismos.
Subtema	Los alcances específicos de cada trabajo de investigación (neutralización, remoción de metales, humedal, bioremediación, fitoremediación, o propiedad de drenajes)
Lugar	El área de estudio elegido para el desarrollo de cada la investigación
Idioma	El idioma que se utiliza para desarrollar el trabajo de investigación
Metodología	Detallar si el trabajo de investigación se trata de tratamiento activo, pasivo y/o caracterización de DAM.
Cita bibliográfica	En este campo se desarrollan diferentes aspectos como: la cantidad total de citas utilizadas por cada trabajo de investigación; tipo de citas (si son libro, revista, tesis, informes gubernamentales y/u otra

fuelle); la fecha de elaboración de las citas (del 2000-actual; 1990-1999; 1980-1989; antes de 1980); y el idioma de las referencias (español, inglés, otro).

Es preciso indicar que, la base de datos “Data DAM Perú” contiene datos recopilados de publicaciones sobre DAM en el Perú elaborados en los últimos 11 años (2012-2021).

- Búsqueda de las publicaciones en las bases de datos: Se realizó la búsqueda en las plataformas digitales de las bases de datos de SciELO, Google Académico, ALICIA y DIALNET utilizando las palabras claves de “Drenaje Ácido de Minas”, “Drenaje Ácido de Rocas”, “Tratamiento Activo” y “Tratamiento Pasivo”. Todas las investigaciones identificadas fueron incorporadas en la base de datos “Data DAM Perú”, la misma se encuentra detallada en el Anexo 1.
- Análisis de las publicaciones registradas en la base de datos “Data DAM Perú” considerando los siguientes indicadores bibliométricos:
 - Indicadores personales: Sexo de los investigadores.
 - Indicadores de productividad: Índice institucional, Tipo de investigación, Año de publicación, Distribución geográfica del área de estudio seleccionado.
 - Indicadores de citación: Índice de antigüedad, Coeficiente general de citación, Tipo de investigación, Año de publicación, Idioma de las citas.
 - Indicadores de contenido: Temática de investigación y descriptores.
 - Indicadores de metodología: Teoría desde o para qué se trabaja, diseño de investigación y técnicas de análisis.

Cabe indicar que, el análisis de cada indicador bibliométrico obedece a las características indicadas en el **Ítem 2.2. Indicadores bibliométricos** de la presente investigación.

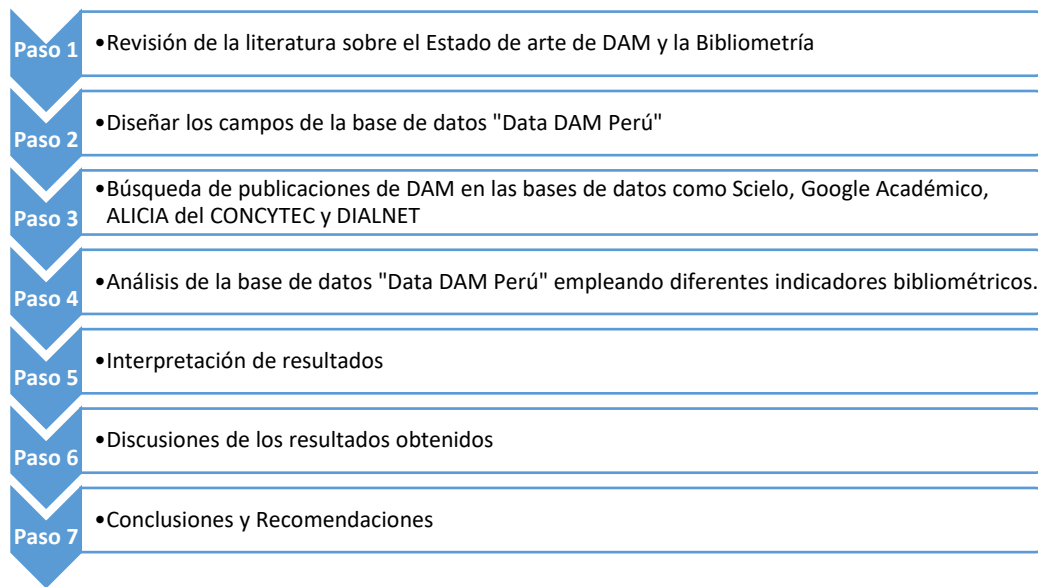
- La interpretación de los resultados de la investigación.

- Las discusiones de los resultados obtenidos.
- Las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

A continuación, se visualiza a través de un flujograma (Figura 12), los mencionados procedimientos optados para el desarrollo de la presente investigación.

Figura 12

Flujograma de procedimientos de la investigación.



IV. RESULTADOS

4.1. Elaboración de la base de dato “Data DAM Perú”

La base de datos “Data DAM Perú”, fue diseñada utilizando el Microsoft Excel versión 2013 considerando los diferentes aspectos agrupados en dos campos (i) del contenido de la investigación y (ii) de la cita bibliográfica utilizada en cada trabajo:

- **Sobre el contenido de la investigación:** nombre del autor(es); el género de los autores; título del trabajo de investigación; categoría del trabajo (si es tesis profesional, tesis de maestría, tesis doctoral o artículo científico); nombre de la editora o centro de investigación proveniente del autor; el año de publicación, el volumen, el número, las páginas y el DOI del trabajo; el tema central, sub temas, la ubicación geográfica del área de estudio, el idioma del trabajo y la metodología escogida.
- Sobre la cita bibliográfica utilizada en cada trabajo de investigación: la cantidad total de las citas utilizadas en cada trabajo de investigación; el tipo de citas (si es libro, tesis de pregrado o tesis de posgrado), revista científica, fuente de información gubernamentales u otra fuente; la fecha de publicación de cada cita (si son publicados entre 2000-actual, 1990-1999, 1980-1989 o antes del 1980) y el idioma de cada cita (si es español, inglés u otro idioma).

Se tiene como resultado de la revisión sistemática en las bases de datos Scielo, Google Académico, ALICIA y DIALNET, en el período 2010-2021 cuenta con 130 investigaciones sobre DAM en el Perú, tal lo visualizado en la base de datos “Data DAM Perú” que se encuentra detallado en el **Anexo 1**.

A continuación, se visualiza a través de la Figura 13, una captura de pantalla el interfaz de la base de datos “Data DAM Perú”.

Figura 13

Captura de pantalla del interfaz de la base de datos “Data DAM Perú”

BASE DE DATOS "DATA DAM PERÚ"																												
DEL CONTENIDO DE LA INVESTIGACIÓN														DE LA CITAS BIBLIOGRÁFICAS														
N°	Autor(es)	Genero	Título	Categoría	Editora	Año	Volumen	Número	Paginas	DOI	Tema	Subtema	Lugar	Idioma	Metodología	Total	Libro	Tesis			GOY	Otra feac e	Fechas				Idioma	
																		Preg rado	Post grado	Revis ta			2000- ACTUAL	1990- 1999	1980- 1989	ANTES DE 1980	Es	EN
1	GIULIANO CASTRO JACULO	HOMBRES	ALTERNATIVAS DE ELIMINACIÓN DEL IÓN FE3+ EN UN EFLENTE MINERO	TESIS PROFESIONAL	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	2010	-	-	66	-	TRATAMIENTO DAM	REMOCIÓN DE METALES	-	Español	Tratamiento pasivo	17	4	0	1	7	5	0	8	9	0	0	5	12
2	GONZALES BENTO	HOMBRES	ALTERNATIVAS DE METODOS DE PREVENCIÓN, TRATAMIENTO Y REMEDIACIÓN DE EFLENTE	TESIS PROFESIONAL	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	2010	-	-	77	-	TRATAMIENTO DAM	Caracterización DAM	-	Español	Caracterización	11	0	1	1	4	3	2	9	2	0	0	11	0
3	MARIA CARMEN TUIRO SALVADOR	HOMBRES	DE MITIGACIÓN DE EFLENTE DE AGUAS ÁCIDAS DE CÁMERA DE CASHU	TESIS MAESTRIA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	2010	-	-	90	-	TRATAMIENTO DAM	NEUTRALIZACIÓN	HUANCAVELICA	Español	Tratamiento activo	17	3	0	0	6	8	0	4	10	1	2	12	5
4	ENRIQUE RODRIGUEZ VELAZQUEZ	HOMBRES	EL SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL EN EL CONTROL DEL DRENAJE ÁCIDO DE MINA	TESIS MAESTRIA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	2010	-	-	316	-	Caracterización DAM	MODULO DE TRATAMIENTO	Región Central del Perú	Español	Caracterización	18	0	0	0	6	7	5	3	9	2	4	8	10
5	KARIN ANGELA SANTOS BONILLA	MUJERES	BIOSORCIÓN DE METALES PESADOS EMPLEANDO LODOS ACTIVADOS	TESIS MAESTRIA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	2010	-	-	103	-	TRATAMIENTO DAM	REMOCIÓN DE METALES	JUNIN	Español	Tratamiento activo	72	3	0	3	57	6	3	40	16	13	3	1	63
6	LÓPEZ GUTIÉRREZ HELMER	HOMBRES	DE AGUAS ÁCIDAS DE MINA CON TRAVERTINO Y TRATAMIENTO DE LOS EFLENTE	TESIS MAESTRIA	NACIONAL DEL CENTRO DE PERÚ	2011	-	-	105	-	TRATAMIENTO DAM	NEUTRALIZACIÓN	-	Español	Tratamiento pasivo	17	4	0	1	6	2	4	2	14	1	0	9	8
7	WILFREDO APONTE ESPINOZA	HOMBRES	EFLENTE ÁCIDOS DE LA COMPAÑÍA MINERA CAUDALOSA S.A. POR EL MÉTODO DE LENTES	TESIS PROFESIONAL	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO	2011	-	-	150	-	TRATAMIENTO DAM	NEUTRALIZACIÓN	HUANCAVELICA	Español	Tratamiento activo	14	0	0	0	5	3	6	10	4	0	0	11	3
8	ELFRÍ RUTH INGA BLANCAS	MUJERES	PARA EL TRATAMIENTO DE EFLENTE POR EL MÉTODO DE PANTANOS ARTIFICIALES	TESIS MAESTRIA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	2011	-	-	243	-	TRATAMIENTO DAM	HUMEDAL	LIBERTAD	Español	tratamiento pasivo	14	0	0	1	11	0	2	5	9	0	0	3	11
9	M. A. Jara Facundo	HOMBRES	Caracterización de metales pesados en el estudio de alteración química de relaves de una mina abandonada	ARTICULO CIENTIFICO	Boletín Geológico y Minero	2011	122	2	221-234	ISSN: 0366-0176	Caracterización DAM	REMOCIÓN DE METALES	ANCASH	Español	Caracterización	21	0	0	1	19	0	2	6	7	3	6	3	18
10	JOSÉ WALTER LÓPEZ GOICOECHEA	HOMBRES	ÁCIDAS PROVENIENTES DEL PAD DE LIXIVIACIÓN CON NaOH-ALMIDON; EN CIA	TESIS DOCTORAL	UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO	2013	-	-	58	-	TRATAMIENTO DAM	NEUTRALIZACIÓN	CAJAMARCA	Español	Tratamiento activo	27	8	0	0	14	0	5	6	8	8	5	11	16
11	WILFREDO BUSTAMANTE NECIOSUP ADAMANDI	HOMBRES	TRATAMIENTO Y CONTROL DE DRENAJE ÁCIDO DE UN MINA AURÍFERA	TESIS PROFESIONAL	UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO	2013	-	-	155	-	TRATAMIENTO DAM	NEUTRALIZACIÓN	CAJAMARCA	Español	Tratamiento activo	26	0	1	0	21	3	1	24	2	0	0	13	13

4.2. Análisis de impacto de la producción científica de DAM

Respecto a la evaluación de impactos de la producción de DAM en el Perú durante el período de estudio, se emplearon análisis de indicadores bibliométricos a los datos presentes dentro de la base de datos “Data DAM Perú”, a continuación, se presentan los resultados obtenidos:

El análisis del indicador personal se enfocó en el género de los autores. Se tiene que, de los 130 trabajos registrados, 74 de ellos corresponden a autores del género masculino, los mismos que representan el 56.92% de los trabajos realizados. Mientras tanto, las autores del género femenino poseen 41 trabajos, los que representan un 31.54% del aporte total. Asimismo, trabajos que contengan participación mixta (hombres y mujeres) obtuvieron una cifra de 15 aportes, lo que representa un 11.54% del aporte total. En la Tabla 4 y Figura 14 se visualizan la relación de géneros de autores que participaron en los trabajos realizados de DAM en el período 2010-2021 en el Perú. El resultado revela que la mayoría de los trabajos relacionados al tema tratado ha sido realizada por autores del género masculino.

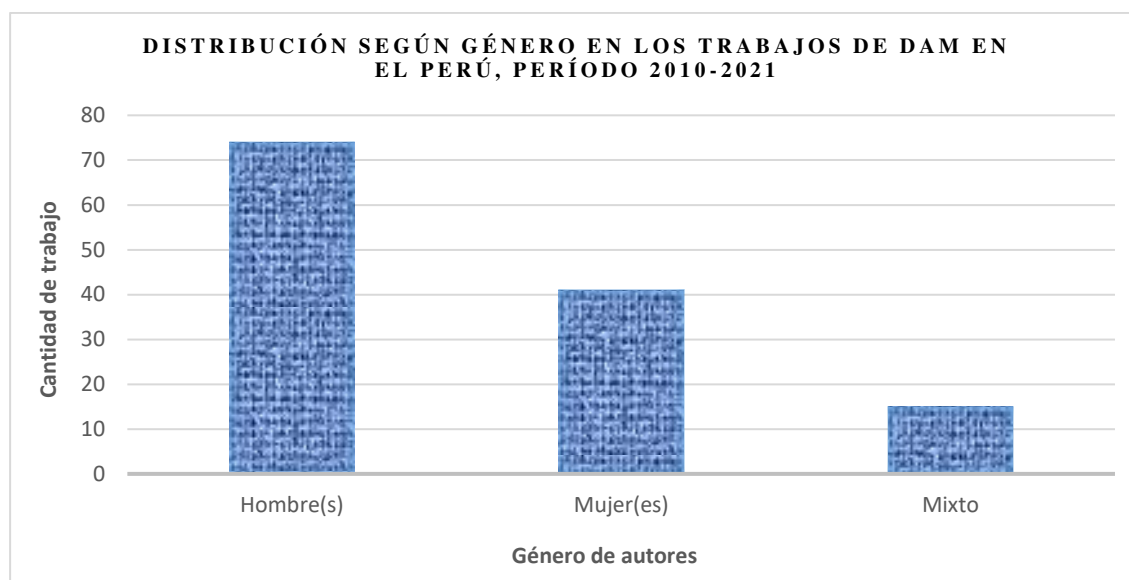
Tabla 4

Género de autores en investigaciones de DAM en el Perú, período 2010-2021

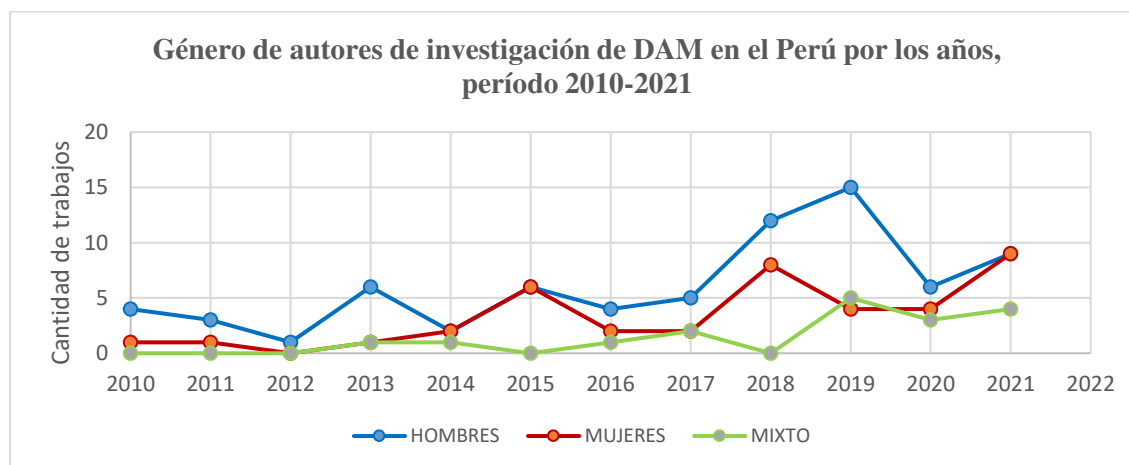
Género de los autores	Cantidad	Porcentaje
Hombre(s)	74	56.92
Mujer(es)	41	31.54
Mixto	15	11.54
Total	130	100.0

Figura 14

Género de autores de las investigaciones sobre DAM en el Perú, período 2010-2021

**Figura 15**

Género de autores de trabajos científicos de DAM en el Perú, período 2010-2021



De acuerdo a lo visualizado en la Figura 15, se tiene que:

- Los trabajos realizados por autores con género femenino nunca superaron a los del género masculino durante el período de estudio. Sin embargo, hay tres ocasiones, años 2014, 2015 y 2021 donde se llegaron a igualar en la cantidad.
- El año 2021 reportó la mayor cantidad de trabajos provenientes de autoras (con 9 trabajos).
- Se observa una cierta tendencia creciente con fluctuación en cuanto a la cantidad de trabajos realizados por autoras dentro del período de estudio elegido.

Los resultados obtenidos con el análisis de los indicadores de productividad fueron:

Sobre la categoría de investigación realizada en el período de 2010-2021 con el tema de los DAM en el Perú, es decir, si los trabajos son tesis de pregrado o posgrado, o si son artículos científicos. Se tiene que, de los 130 trabajos registrados:

- 114 de los trabajos correspondieron a “Tesis” – en este subgrupo se encuentran tesis profesionales, tesis de maestría o tesis de doctorados, esta cifra representa el 87.69% de los trabajos registrados. Dentro de este subgrupo, se destacan los trabajos de Tesis profesionales con 85 trabajos realizados; seguido por Tesis de maestría con 24 trabajos realizados y finalmente Tesis de doctorado con un total de 5 trabajos realizados.
- Mientras tanto, el 12.31% del restante de los trabajos provinieron de artículos científicos (16 trabajos).

A continuación, se visualiza a través de la Tabla 5, la relación de la categoría de los trabajos realizados y la Figura 16 con el porcentaje de aporte de cada categoría en la cantidad total de los 130 trabajos registrados. En el gráfico, se puede observar la predominancia los trabajos investigativos del tema de los DAM en las Tesis Profesionales con el 65.38% del aporte total;

luego de ello, le sigue las Tesis de Maestría con 18.46% y los Artículos científicos con 12.31%; y finalmente las Tesis de Doctorado con un aporte de 3.85%.

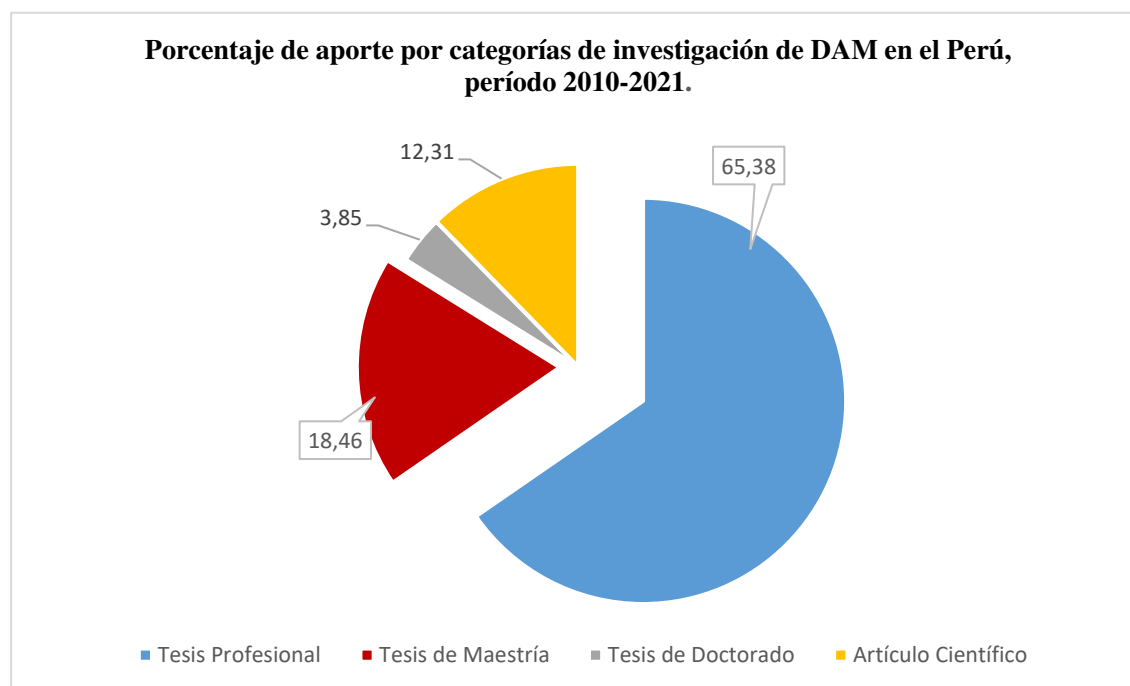
Tabla 5

Categoría de investigación sobre DAM en el Perú, período 2010-2021

Categoría de investigación	Cantidad	Porcentaje
Tesis Profesional	85	65.38
Tesis de Maestría	24	18.46
Tesis de Doctorado	5	3.85
Artículos Científicos	16	12.31
Total	130	100.00

Figura 16

Categorías de investigación sobre DAM en el Perú, período 2010-2021

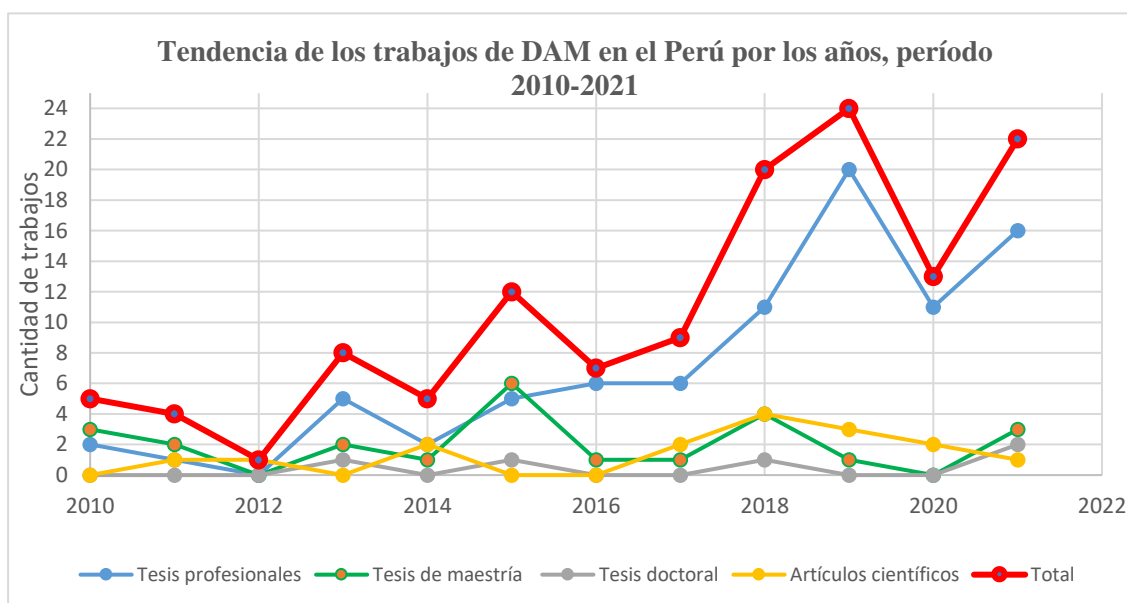


Asimismo, la predominancia de tesis respecto a los artículos científicos nos muestra que la línea de investigación en DAM en el Perú es frecuente y de alto interés en las tesis. Este resultado es consistente con el hecho, que el 43.8% de los artículos científicos identificados de DAM (7 del 16) también han sido publicados en revistas científicas de universidades. A demás, el mayor

porcentaje de estudios de los DAM en el Perú durante el período 2010-2021 son tesis profesionales (65.38%) indica el gran interés de nuevos profesionales sobre el manejo de los DAM y la demostración cada vez más clara sobre la consciencia ambiental y el requerimiento de una sociedad con desarrollo sostenible.

Figura 17

La tendencia de publicaciones científicas de DAM en el Perú, período 2010-2021



De lo mostrado en la Figura 17 se tiene que:

- Como la cantidad de tesis profesionales sobre el tema de DAM realizadas en el período 2010-2021 predominan las otras categorías, por ende, su tendencia guarda una estrecha relación con el total de trabajos investigativos realizados.
- El año 2019 contó con la mayor cantidad de tesis profesionales realizadas. Mientras que el 2012, siendo el año con menos aportes de investigación sobre el tema, no reportó trabajos de tesis tanto profesional, maestría o doctoral.
- El año 2020 reportó una disminución notoria en cuanto a la cantidad de trabajos realizados respecto al año 2019, siendo registrado 13 trabajos, es decir, solo el

54.2% del total realizado durante el 2019. Esta disminución puede guardar mucha relación con la cresta de pandemia de Covid-19 vivido en el Perú así como en el mundo. Sin embargo, el año 2021 reconoció grandes esfuerzos científicos sobre las investigaciones en la temática de DAM ya que, aún seguía con la pandemia, este año logró reportar 22 trabajos, la cantidad que casi empata con lo realizado en el año 2019. De hecho, el 2021 está en segundo puesto en cuanto a la cantidad de trabajos investigativos de DAM en el Perú, período 2010-2021.

- Los aportes en tesis de maestría presentan oscilaciones durante el período ya que tenía una cierta tendencia creciente en la primera mitad del período (2010-2015) llegando a su máximo aporte en el año 2015 (6 trabajos) y luego, en la segunda mitad (2015-2021) presentó la tendencia decreciente. Sin embargo, se le considera como contribución constante a lo largo del período de estudio.
- Los artículos científicos del tema ha sido desarrollado de manera modesto durante el período de estudio ya que sólo alcanzó su máxima cantidad con 4 trabajos realizados en el año 2018. Lo mismo ocurre con tesis doctoral ya que se caracteriza por tener una contribución esporádica anual con uno o dos trabajos como máximo a lo largo del período de estudio.

De los centros de investigación que contribuye al desarrollo del tema de los DAM en el Perú durante el período 2010-2021, se tiene que, las universidades tanto público como privado cuentan con la gran mayoría de aportes con 119 trabajos en un total del 130 registrados (91.5%). Mientras tanto, se cuenta con 11 trabajos (8.5%) provenientes de revista/boletín científico tanto nacional como internacional sobre el tema tratado.

Durante el período de estudio, los 119 trabajos investigativos bajo formato de tesis provinieron de 26 universidades tanto público como privado. Entre ellos, el mayor aporte de investigación lo brinda la Universidad Privada del Norte (el N°24 la Figura 18) con 21 trabajos, que representa un 17.6% del total de las tesis realizadas. El segundo y tercer lugar corresponde a la Universidad Nacional del Centro de Perú y la Universidad Nacional de Ingeniería con 17 y 12 trabajos, respectivamente.

En la Tabla 6 y Figura 18 se visualizan la relación de centros investigativos participativos al tema de estudio durante el período elegido. Cabe indicar que, en la lista de centro de investigación participado en el tema de estudio, a parte de la presencia de la gran mayoría de universidades nacionales, también se encuentra la participación de la Universitat De Barcelona (España) con un trabajo publicado en el año 2018.

Tabla 6

Centro de investigación sobre DAM en el Perú, período 2010-2021

N°	Centro de Investigación	Cantidad	Porcentaje
1	Pontificia Universidad Católica Del Perú	3	2.5
2	Universidad Católica San Pablo	1	0.8
3	Universidad Cesar Vallejo	4	3.4
4	Universidad Continental	3	2.5
5	Universidad De Piura	2	1.7
6	Universidad Nacional “Santiago Antúnez De Mayolo”	9	7.6
7	Universidad Nacional Agraria La Molina	1	0.8
8	Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión	2	1.7
9	Universidad Nacional De Cajamarca	3	2.5
10	Universidad Nacional De Huancavelica	1	0.8
11	Universidad Nacional De Ingeniería	12	10.1
12	Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa	8	6.7
13	Universidad Nacional De Trujillo	8	6.7

N°	Centro de Investigación	Cantidad	Porcentaje
14	Universidad Nacional Del Altiplano Puno	1	0.8
15	Universidad Nacional Del Callao	7	5.9
16	Universidad Nacional Del Centro De Perú	17	14.3
17	Universidad Nacional Federico Villareal	4	3.4
18	Universidad Nacional Mayor De San Marcos	1	0.8
19	Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	1	0.8
20	Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur	1	0.8
21	Universidad Peruana Cayetano Heredia	2	1.7
22	Universidad Peruana Unión	2	1.7
23	Universidad Privada Antonio Guillermo Urrello	3	2.5
24	Universidad Privada Del Norte	21	17.6
25	Universidad San Pedro	1	0.8
26	Universitat De Barcelona	1	0.8

Figura 18

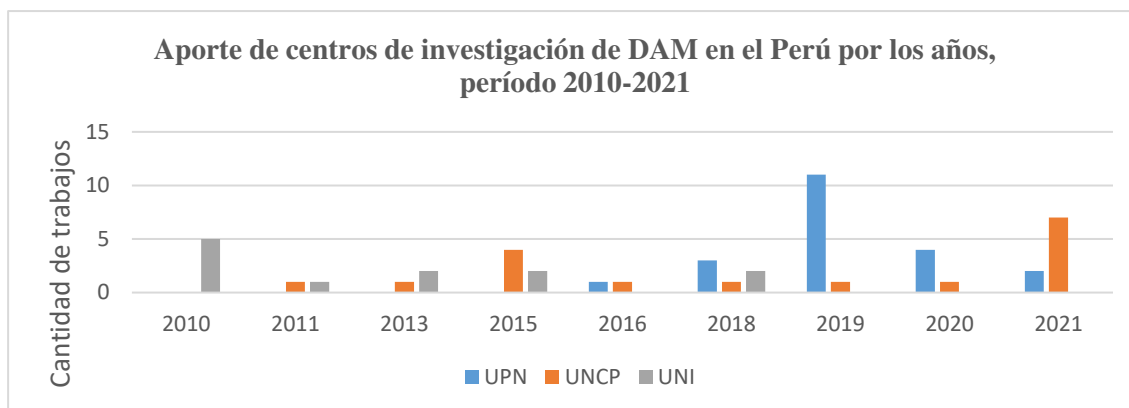
Distribución por centro de investigaciones de DAM en el Perú, período 2010-2021



Respecto al análisis del aporte de los 3 centros de investigación con mayores contribuciones durante el período de estudio, a continuación se presenta en la Figura 19 los resultados.

Figura 19

Aporte de los 3 centros más investigados de DAM en el Perú, período 2010-2021



UPN: Universidad Privada del Norte; UNCP: Universidad Nacional del Centro De Perú; UNI: Universidad Nacional de Ingeniería

De acuerdo a lo visualizado en la figura anterior (Figura 19), se revela que:

- La UNCP cuenta con el aporte más constante y estable, además con tendencia de desarrollo creciente. Ella empezó su aporte con 1 trabajo en el año 2011 y terminó el período de estudio con 7 trabajos en el año 2021.
- La UNI estaba pertinente en el tema de estudio desde el año 2010 hasta 2018, sin embargo, se observa una tendencia decreciente de su aporte, empezó con 5 trabajos en el año 2010 y cerró el período con 2 trabajos en el año 2018. En los últimos tres años (2019-2021) no cuenta con aportes del tema.
- La UPN apenas empezó su participación en el 2016 con solamente un trabajo, sin embargo llegó a su cumbre en el año 2019 con 11 trabajos. Sin embargo, en los dos últimos años del período de estudio, se reportó una baja en la participación de la UPN en el tema.

En cuanto a la cantidad de trabajos realizados sobre el tema de DAM por año durante el período de 2010 a 2021, se puede observar en la Tabla 7 y Figura 20 una la tendencia en general de orden creciente, empezando el período (año 2010) con solo 5 trabajos realizados y terminando el mismo (año 2021) con el registro de 21 trabajos realizados. Cabe indicar que, el año 2019 cuenta

con más aportes del trabajo sobre el tema de DAM en el período de estudio con un total de 24 trabajos. Mientras tanto, el año 2012 es el que menos se reportó trabajos sobre el tema con sólo un aporte.

Tabla 7

Cantidad de trabajos por año sobre DAM en el Perú, período 2010-2021

Año	Cantidad	Año	Cantidad
2010	5	2016	7
2011	4	2017	9
2012	1	2018	20
2013	8	2019	24
2014	5	2020	13
2015	12	2021	22

Figura 20

Cantidad de investigación por año sobre DAM en el Perú, período 2010-2021



En cuanto a la selección del área de estudio para la realización de trabajos de investigación de DAM en el Perú durante el período 2010-2021, se reveló que la región Cajamarca recibió el mayor interés de estudio ya que cuenta con un aporte de 25 trabajos, le siguen la región de Ancash y Junín con 22 y 11 trabajos respectivamente. Hay 28 trabajos de investigación que no se han realizado en base a una región/zona de estudio en particular ya que corresponden a experimentos

de laboratorio y/o caracterización de DAM. En la Tabla 8 y **¡Error! No se encuentra el origen e la referencia.** se aprecian lo interpretado:

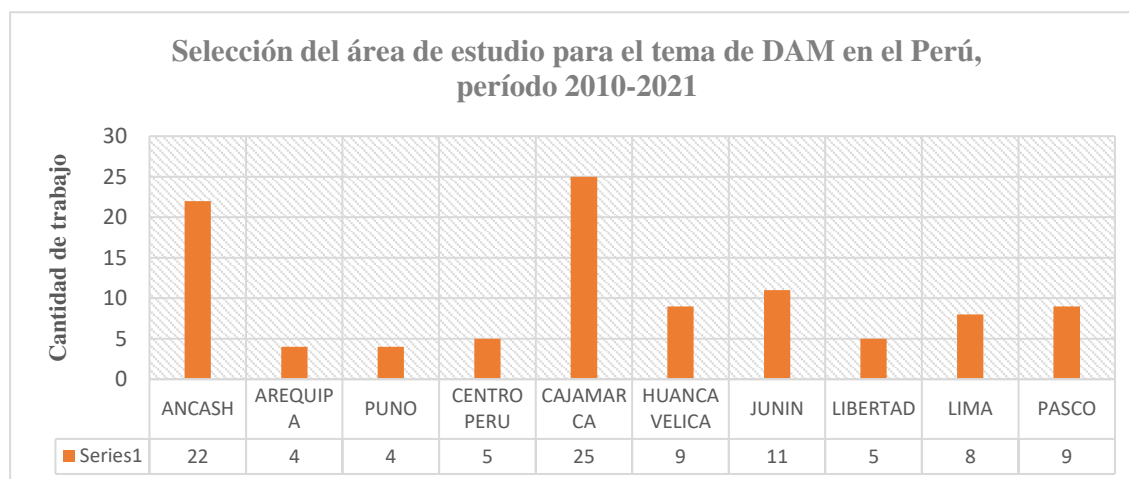
Tabla 8

Selección de área de estudio en la temática de DAM en el Perú, período 2010-2021

Área de estudio	Cantidad
Ancash	22
Arequipa	4
Puno	4
Centro de Perú	5
Cajamarca	25
Huancavelica	9
Junín	11
Libertad	5
Lima	8
Pasco	9
A nivel de laboratorio	28

Figura 21

Selección de área de estudio en la temática de DAM en el Perú, período 2010-2021



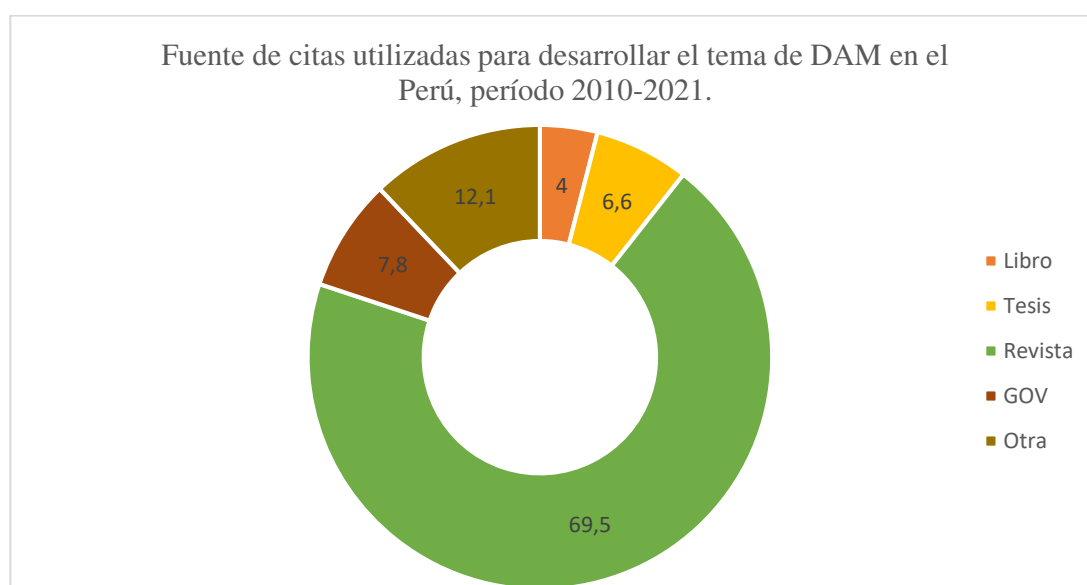
En cuanto al análisis de los indicadores de citación, o sea, de las fuentes de bibliografía consultadas por los autores para realizar sus trabajos de investigación, los resultados fueron:

- Las fuentes citadas consisten en: libro, tesis de grado y posgrado, revistas e informes científicos, normas e protocolos de entidades gubernamentales y otros (boletines, foros, blogs en internet). Entre ellas, se destacan las citas provenientes de revistas e informes científicos (ej.: Ingemmet, Elsevier, Revista de Medio Ambiente y Minería) con un aporte total de 69.5%. Seguidamente, se encuentran las citas con fuentes de informaciones provenientes de normas e protocolos de entidades gubernamentales (ej.: MINAM, MINEM, ANA, EPA) con un 7.8% de participación; las tesis y los libros recibieron un 6.6% y 4% de citas respectivamente. Por otro lado, las citas agrupadas dentro del grupo de otros como foros, blogs o Wikipedia ocupan un 12.1% del total.

En el Figura 22 se aprecia lo indicado:

Figura 22

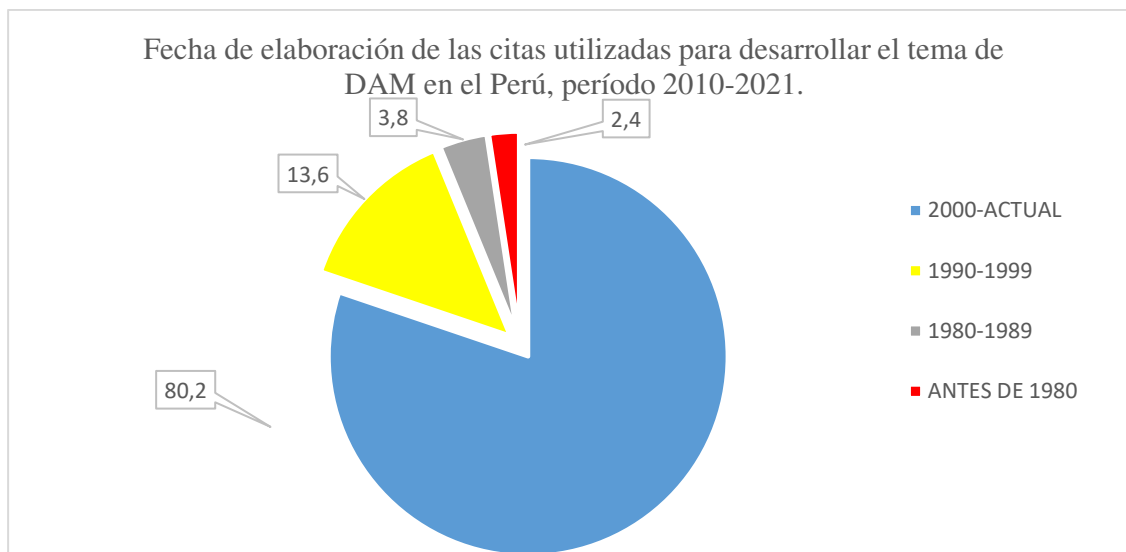
Fuente de citas de investigaciones de DAM en el Perú, período 2010-2021



- Se destacó el uso predominante de revistas científicas y fuentes de informaciones oficiales de gobiernos. El uso de dichas fuentes indica la cuidadosa selección de los autores en la búsqueda de información para su referencia y cita. Ello refleja a la misma vez la buena calidad y dedicación en la revisión de literatura. Sin embargo, se debe indicar que, aún existe una ínfima proporción de trabajos con citas provenientes de fuentes menos oficiales como blogs o Wikipedia. Dichas citas se centraron más en trabajos realizados en la primera parte del período (2010-2015), puesto que en los trabajos realizados en la parte final del período de estudio ya no se evidenció tales citas. Como la deducción del asunto, se observa cada vez mejor el criterio sólido y cuidadoso de los autores a la hora de indagar y seleccionar las citas para su trabajo de investigación.
- Se consideró el análisis sobre la fecha de publicación de cada cita utilizada en las investigaciones de DAM en el Perú, período 2010-2021. Para ello, se agrupan las fuentes de cita según su fecha de publicación: (i) entre el año 2000 hasta la actualidad; (ii) de 1990 a 1999; (iii) de 1980 a 1989 y (iv) Antes del 1980. Como resultado, se obtiene que el 80.2% de las citas cuentan con fechas entre el año 2000 hasta la actualidad; el 16.6% de las citas cuentan con fechas entre los años de 1990 y 1999; el 3.8% de las citas cuentan con fechas entre los años de 1980 y 1989; y solo un 2.4% de las citas totales son trabajos hechos antes del año 1980. En la Figura 20 se visualiza lo indicado:

Figura 23

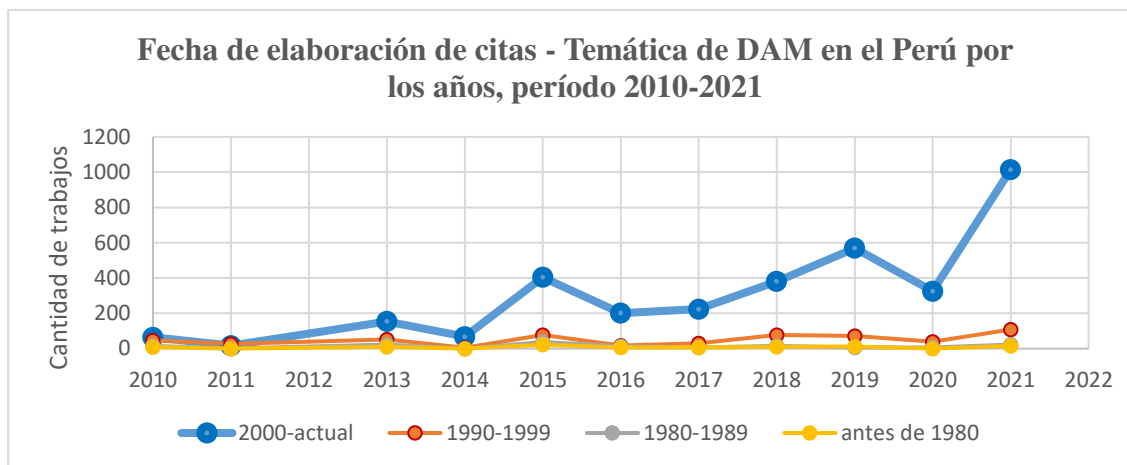
Fecha publicada de citas de investigaciones de DAM en el Perú, período 2010-2021



- Tal lo visualizado en la figura anterior (Figura 23) la mayoría de las citas tienen fecha de elaboración entre 2000 hasta la fecha actual, mientras tanto, las citas más antiguas son provenientes de bibliografía elaborada antes del año 1980 y solo ocupan el 2.4%. Además, se observa una clara tendencia creciente en la cantidad de citas actuales (del 2000-actual), mientras tanto las citas con fechas de elaboración más antiguas no mostraron variación notoria. La razón para este comportamiento es que los autores de trabajos se tienen cada vez más actualizaciones del tema y el mismo hecho de seguir con el avance de la literatura científica, el aprovechamiento de trabajos relacionados con fecha más actuales posibles. La tendencia creciente de las referencias recientes utilizadas en los trabajos reflejan la actualización de los autores, la preocupación de estar ligados a la tendencia de avance de conocimiento científico y el aporte actualizados sobre el tema de estudio. En la Figura 24, se aprecia lo apuntado.

Figura 24

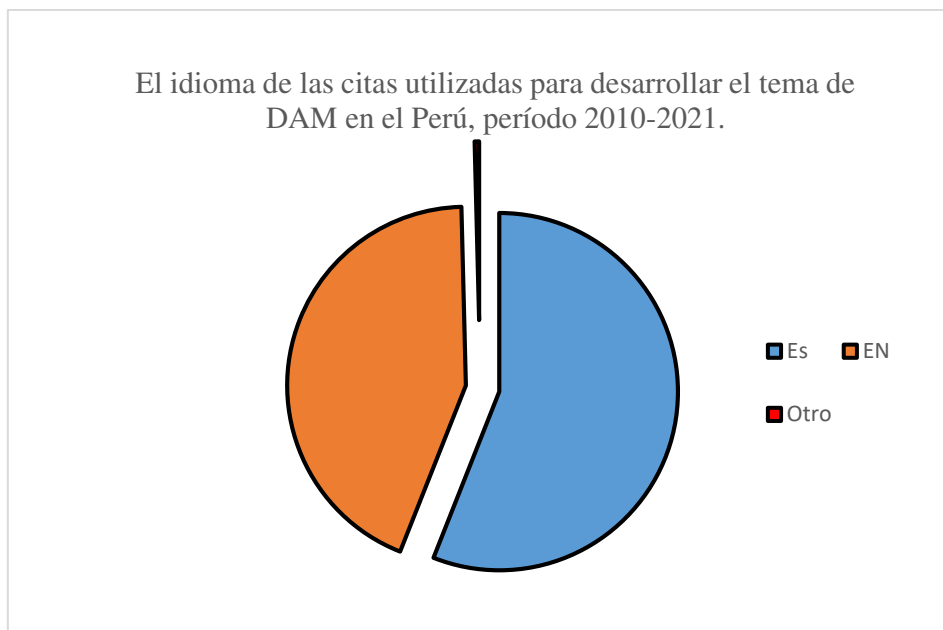
Fechas de publicación de citas en investigaciones de DAM en el Perú, período 2010-2021



- Se consideró también el tema del idioma de redacción de cada fuente de bibliografía utilizada. Se reveló que, el idioma de las citas más utilizado es el español, seguido por el inglés, solamente una pequeña proporción de citas provino de otro idioma (ej.: portugués, francés). Cabe resaltar que, las citas redactadas en español supera ligeramente a las del idioma inglés, ocupando un 56% y un 43.6% respectivamente. Mientras tanto, las fuentes de citas en otro idioma ocupan solo un 0.4% del total. A continuación, se visualiza en Figura 25 lo obtenido:

Figura 25

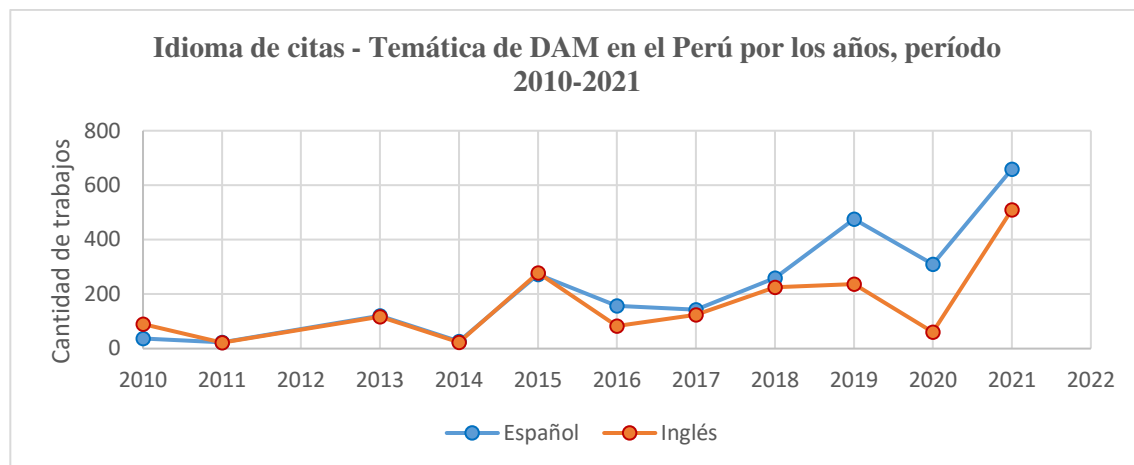
El idioma de citas en investigaciones de DAM en el Perú, período 2010-2021



- Tal lo visualizado en la Figura 26, las citas con idioma español ocupó el primer lugar, ello se interpreta como la facilidad del manejo del idioma materno para los autores. Sin embargo, la cantidad de citas provenientes de bibliografía en inglés también se encuentra casi a la par con las citas en español, sobre todo, en los primeros 5 años del período de estudio (de 2010 a 2015), las citas en inglés incluso llegaron a superar a las de español en dos ocasiones (2010 y 2015). Los años de 2016 a 2018, la proporción de citas en español supera muy ligeramente a las de inglés. El alto porcentaje de citas en inglés refleja un buen manejo e entendimiento de los autores sobre la literatura y redacción científico en idioma inglés. Lo mismo que se considera muy importante ya que los autores pueden abrir una gran puerta para gozar de vasto conocimiento científico, fuentes redactadas en inglés a nivel mundial.

Figura 26

Idioma de redacción de citas del tema de DAM en el Perú, período 2010-2021

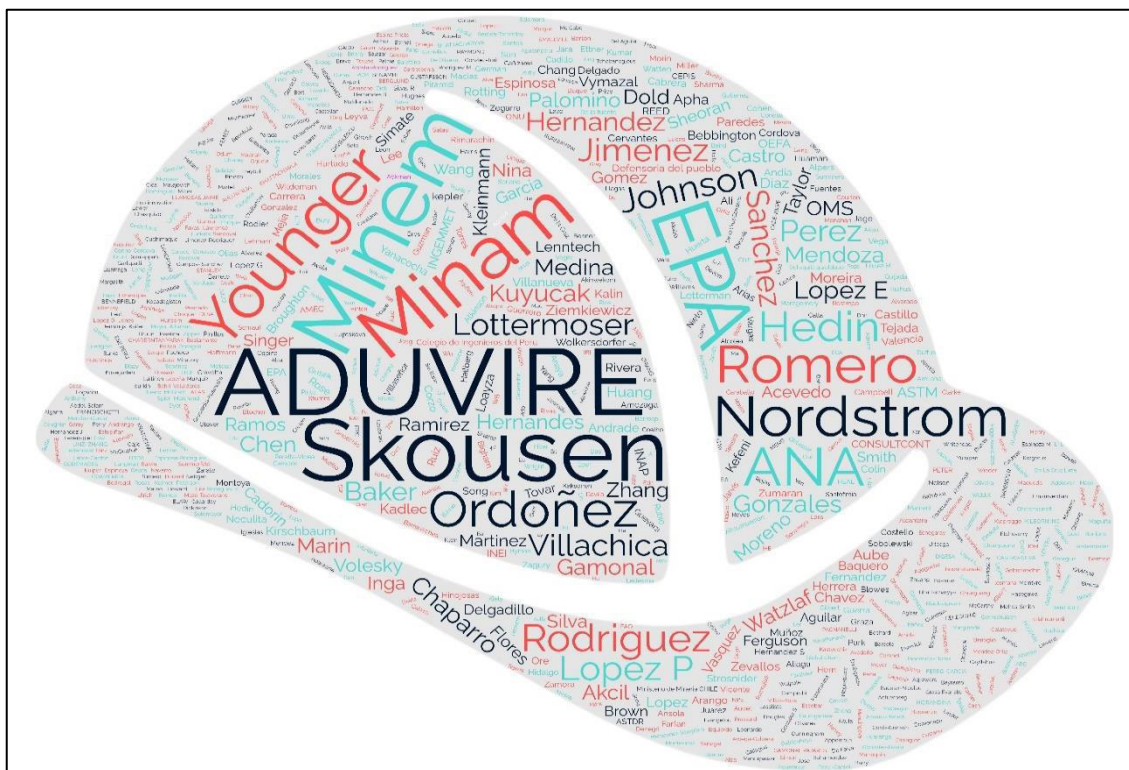


- Sobre la identificación de los autores más citados, se basó en el registro de todos los autores de las citas referidas en las investigaciones publicadas de DAM (130 trabajos) en el Perú durante el período de estudio (2010-2021). A continuación, se visualiza en la Figura 27, elaborado con apoyo de la página <https://www.nubedepalabras.es>, la ilustración que refleja la cantidad de repetición de una cita determinada en las investigaciones de DAM durante el período de estudio. Mientras el tamaño que indica el nombre del autor de la cita sea más grande, la investigación del dicho autor es la que más haya sido citado. En este sentido, se le otorga al autor Aduvire, ya que elaboró diferentes trabajos importantes relacionados al tema de estudio, siendo el más citado. Asimismo, se destacaron altas citas de investigaciones de DAM realizados por los autores Skousen J., Younger L. y Nordstrom.
- El trabajo “Drenaje ácido de mina generación y tratamiento” del autor Aduvire, O. (2006) y publicado por el Instituto Geológico y Minero de España, Dirección de

Recursos Minerales y Geoambiente es el trabajo más citado, el mismo que se encuentra en 55 trabajos realizados, lo que implica un 42.3% de participación del número total de trabajos registrados.

Figura 27

Autores más citados en investigaciones de DAM en el Perú, período 2010-2021



Diseño: nubedepalabras.es

- Igualmente, en relación a las entidades gubernamentales más citados, tal lo visualizado en la Figura 27, el MINEM (Ministerio de Energía y Minas), el MINAM (Ministerio del Ambiente) y la ANA (Autoridad Nacional del Agua) son las entidades estatales más citados. Mientras tanto, la EPA (La Agencia de Protección Ambiental de EE.UU) es la entidad gubernamental internacional más citada en las investigaciones publicadas del tema de DAM durante el período de estudio.

En cuanto a los análisis de indicadores de contenido, sobre los temas de interés que los autores eligieron para abordar la temática de los DAM, tal lo visualizado en la Tabla 10, se destacan (i) investigaciones enfocados sobre los tipos de tratamientos de DAM, que contaron con 101 investigaciones (78.5% del total registrado). Asimismo, (ii) se registró 29 investigaciones sobre la caracterización de los DAM, lo que corresponde al 21.5% del total de los trabajos publicados.

En cuanto a los subtemas tratados en cada trabajo, se presentaron diferentes disciplinas relacionadas los que se visualizan en la Tabla 9: (i) al tratamiento de DAM como: Bioremediación, Fitoremediación, Sistema de humedales, Neutralización del pH, Remoción de metales y/o sulfatos. Mientras tanto, sobre (ii) la caracterización de los DAM, se centraliza en estudios de la propiedad de drenajes.

Tabla 9

Sub-temas tratados en la temática de DAM en el Perú, período 2010-2021

Subtema tratados	Cantidad
Bioremediación	9
Fitoremediación	5
Sistema de Humedales	7
Neutralización pH	38
Remoción de metales, sulfatos	46
Caracterización de drenaje	15
Otros	10

A través de la Tabla 9, se observa que la forma de tratamiento de DAM donde consiste en la remoción de metales y/o sulfatos y la neutralización del pH de los DAM han sido los que despertaron más intereses de investigación en los autores.

En cuanto al análisis de los indicadores de metodología, sobre la selección de método de tratamiento de los DAM, el método activo se destacó con la participación de 60 trabajos, el método

pasivo de tratamiento recibió el interés de 41 trabajos. Por otro lado, se cuenta con 29 trabajos que enfocaron en la caracterización de los DAM. En la Tabla 10 se visualiza lo interpretado.

Tabla 10

Selección de metodología en la temática de DAM en el Perú, período 2010-2021

Metodología de estudio	Cantidad
Caracterización de DAM	29
Tratamiento pasivo	41
Tratamiento activo	60

4.3. Método de tratamientos de DAM más investigado y recomendado

Los tratamientos activos fueron los más propuestos para el tratamiento de DAM presente en el período de estudio (ver Tabla 10). La razón dicha predominancia de selección de este método puede ser que dicho método está siendo un método con alta eficiencia, no tan largo es el tiempo de procesamiento, puede tratar a grandes cantidades de caudales de efluentes mineros, por ende suele ser el método elegido a minas en operación, y por lo mismo asociarse con las investigaciones relacionadas.

Asimismo, los enfoques de tratamientos mayoritarios reportados fueron neutralización de efluentes (control del pH) y remociones de metales y/o sulfuro (ver Tabla 9). Ellos indican la clara tendencia sobre el manejo de control de DAM para bajar su acidez y la carga de metales y sulfatos, ellos con la intención de mejorar la calidad de los efluentes pos-tratados.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Analizando los resultados obtenidos de la base de datos “Data DAM Perú” sobre la producción científica de los DAM en el Perú durante el período de 2010 a 2021, a continuación se discuten los siguientes aspectos:

La temática abordada en la presente investigación coincide con la propuesta desarrollada en Chile por los autores Ojeda-Pereira y Campos-Medina (2021), quienes analizaron la tendencia de desarrollo científico a través de un estudio bibliométrico de publicaciones internacionales respecto a los relaves mineros, con el fin de elaborar una data con investigaciones en el ámbito de la gestión de los relaves mineros. Considerando los impactos negativos e irreversibles que estos depósitos puedan generar al ecosistema si no reciben la estrategia de manejo adecuado, situación similar a los drenajes ácidos de mina, bajo este contexto, estas bases de datos resultan importante tanto para Chile así como para el Perú, ambos países eminentemente mineros. En el Perú, nuestra investigación constituye el primer estudio bibliométrico sobre los drenajes ácido de minas.

Respecto a la propuesta de métodos de tratamiento de DAM, Gusti et al (2023) enfatizó su investigación en los métodos pasivos en Indonesia y concluyeron que la fitoremediación es el método de menor costo, factible para su aplicación, amigable con el medio ambiente y no generan otros residuos posteriores. Al respecto, en nuestra investigación, los resultados nos muestran que el método de tratamiento activo es la más sugerida para la gestión de los DAM; además, dentro de las propuestas de tratamiento pasivo de DAM en el Perú durante el período de estudio, la Biorremediación es el método más recomendado (9 publicaciones), mientras que, la Fitorremediación fue analizada solo en 5 investigación publicada.

Sobre la elaboración del registro de datos denominado “Data DAM Perú” para el análisis de los resultados se utilizó Microsoft Excel como herramienta del registro de todas las publicaciones encontradas, la misma herramienta que utilizó Olmedilla et al. (2017); ya que Excel es un sistema que consta de hoja de cálculo para que los usuarios puedan trabajar de forma sencilla e intuitiva y es accesible. Asimismo, respecto a estos autores, coincidimos en el análisis de impacto de la producción científica utilizando los tres indicadores bibliométricos: el centro de investigación más productivo, género del autor de la investigación y tipo de tesis.

Respecto a las fuentes de búsqueda de información, utilizamos las bases de datos Google Académico, Dialnet, Scielo y ALICIA, a diferencia de Corrales-Reyes et al. (2017), quienes en su investigación sólo utilizaron la base de datos Google Académico; mientras que Angulo et al. (2017), similar a nuestra investigación, utilizaron PubMed, SciELO, repositorio IAEA, Google Académico y ALICIA. No obstante, coincidimos en el uso de los mismos indicadores bibliométricos para el análisis de impacto de la producción científica que en ambos casos hemos evaluado, tales como: total de artículos, indicador de contenido y grado de actualidad de las referencias bibliográficas.

Respecto al género de los autores, según los resultados, la mayor cantidad de trabajos realizados sobre el tema de DAM en el Perú durante el período de estudio (2010-2021) corresponde al género exclusivamente masculino (56.92%), mientras que exclusivamente femenino eran 31.54% y autores mixtos el 11.54%. Se debe indicar que, trabajos de investigación relacionados a la temática de DAM suelen vincularse con carreras universitarias de ingeniería como por ejemplo Ingeniería Ambiental, Ingeniería de Mina, Ingeniería de Metalúrgica, entre otros. Probablemente por ello, la poca afinidad del género femenino en dichos trabajos. Esta identificación se concuerda con los criterios de Flores (2016), donde indicaron que esta brecha de género se encuentra

contemplada en: (i) el estilo socio-cultural de la vida de las mujeres que conduce la no preferencia de mujeres en carreras de ingeniería, tecnológicas y/o científicas y (ii) la discriminación del rol y la capacidad de la mujer en nuestra sociedad actualmente. Asimismo, de acuerdo a los resultados obtenidos por Olmedilla et al. (2017), los autores de investigaciones sobre la temática de psicología en deportes también reportaron la superioridad del género masculino respecto al género femenino.

Respecto al análisis de la productividad de las investigaciones a través del transcurso del período de estudio, tal como uno de los análisis empleados por Romo (2016) en su tesis doctoral sobre la producción científica en Energías Renovables, la presente investigación también identificó la tendencia de desarrollo de la temática de investigación (DAM) a través del transcurso del tiempo en el período de estudio, lo cual en ambos casos, se observaron tendencia creciente sobre el interés de investigación en la temática considerando el aumento constante de sus publicaciones.

VI. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación, podemos arribar a las siguientes conclusiones:

- Se elaboró la base de datos en Drenaje Ácido de Mina con 130 publicaciones registradas durante el período de 2010 al 2021 cuyas investigaciones tienen como ámbito espacial el Perú en SciELO, Google Académico, ALICIA y DIANET, el cual constituye la primera base de datos sobre DAM hecho en el Perú.
- Los análisis de impacto de la producción científica de la temática de estudio, se emplearon indicadores bibliométricos como: indicador personal, indicador de productividad, indicador de citación, indicador de contenido e indicador de metodología. La cantidad de investigaciones durante el período de estudio varía según la tendencia creciente; la forma de investigación más publicadas son las tesis profesionales, los autores más productivos son del género masculino; el centro de investigación más productivo fue la Universidad Privada del Norte; el área de estudio más elegido para las investigaciones fue Cajamarca; las revistas científicas en español son las referencias más utilizadas y la predominancia en el uso de citas con fecha de publicación reciente (2000 a actualidad), siendo ello, la actualización de los autores sobre el avance de la literatura científica. Las referencias más citadas corresponden a publicaciones de Aduvire, Skousen, Younger, Nordstrom y entidades gubernamentales como MINEM, MINAM, ANA y EPA.
- El método de tratamiento de DAM en el Perú más recomendado por los autores durante el período de estudio es el conjunto de métodos activos ya que en su ventaja destaca la

posibilidad de manejar grandes caudales de efluentes, brindar solución rápida y eficiente, aún persiste el alto costo y el riguroso control operacional.

Finalmente, en nuestra investigación se ha logrado, por la primera vez, elaborar la base de datos denominada “Data DAM Perú” constituida por 130 publicaciones sobre drenaje ácido de minas en el Perú para el período 2010-2021 y su respectivo estudio bibliométrico. Esta importante herramienta investigativa contribuye al adecuado manejo de los DAM y es de libre acceso, se sociabilizará el acceso a las empresas mineras, entes decisores y otros actores involucrados en la gestión de los drenajes ácido de minas en el Perú. Para cuidar la propiedad intelectual, se solicitará su registro en INDECOPI.

VII. RECOMENDACIONES

- Dado que la investigación abarcó el período 2010-2021, se recomienda seguir alimentando la base de datos con las publicaciones posteriores para mantenerla actualizada. El enriquecimiento de dicha base de datos y el análisis de los indicadores bibliométricos permitirá a los investigadores realizar comparaciones, revisión de comportamiento evolutivo (cambios, tendencias) de la temática de DAM en nuestro país.
- Considerando que en la presente investigación se ha trabajado con cuatro fuentes de publicaciones, se recomienda ampliar las fuentes con otras bases de datos a las cuales se pueda tener acceso como Scopus, Science Direct, WoS, entre otros para lograr una mayor cobertura e impacto.
- Se recomienda elaborar otras bases de datos con temáticas relacionadas al sector minero como: procesos extractivos de minerales, manejo de relaves, pasivos ambientales mineros, suelos contaminados, entre otras, dada la importancia de dichas temáticas para contribuir a una minería sostenible en nuestro país.

VIII. REFERENCIAS

- Aduvire O. (2006). *Drenaje ácido de mina. Generación y tratamiento*. Instituto Geológico y Minero de España Dirección de Recursos Minerales y Geoambiente.
- Aguirre Arauz, A. (2013). Análisis bibliométrico de los artículos publicados en la revista Minería y Geología en el período 2000-2010. *Revista General de Información y Documentación*, 23(2), 14. Obtenido de http://dx.doi.org/10.5209/rev_RGID.2013.v23.n2.43133.
- Akcil, A., & Koldas, S. (2006). Acid Mine Drainage, Causes, Treatment and Case of Studies. *Journal of Cleaner Production*, 14, 1139-11455. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.09.006>
- Angulo Bazán, Y., Caldas Valdez, C., & Vásquez-Blondet, R. (Enero de 2017). Impacto y producción científica sobre medicina nuclear en Perú: estudio bibliométrico. *Acta Médica Peruana*, 34(1), 16-22. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172017000100003.
- Araújo, J., & Jorge, R. (Julio-Agosto de 2002). Informetría, bibliometría y cienciometría: aspectos teórico-prácticos. *ACIMED*, 10.
- Arencibia-Jorge, R. (Julio - Septiembre de 2009). Nuevos indicadores de rendimiento científico institucional basados en análisis de citas: los índices H sucesivos. *Revista Española de Documentación Científica*, 32, 101-106. <https://doi.org/10.3989/redc.2009.3.692>.
- Arencibia-Jorge, R. (Julio - Septiembre de 2009). Nuevos indicadores de rendimiento científico institucional basados en análisis de citas: los índices H sucesivos. *Revista Española de Documentación Científica*, 32, 101-106. <https://doi.org/10.3989/redc.2009.3.692>

- Arias Gallegos, W. (2015). Accidentalidad laboral en Arequipa: un estudio bibliométrico a partir de la prensa escrita desde 2000 a 2009. *Revista cubana de Salud y Trabajo*, 16(1), 28-37.
- Arias Gallegos, W. (2015). Accidentalidad laboral en Arequipa: un estudio bibliométrico a partir de la prensa escrita desde 2000 a 2009. *Revista cubana de Salud y Trabajo*, 16(1), 28-37.
- Arias, W., & Ceballos, K. (2017). Estudio bibliométrico de la revista de psicología de la PUCP. Universidad Católica "San Pablo" (Perú), 20.
- Arias, W., & Ceballos, K. (2017). Estudio bibliométrico de la revista de psicología de la PUCP. Universidad Católica "San Pablo" (Perú), 20.
- Asmat, N., Borja, C., Alexis, L., Lizarzaburu, D., & Morillo, J. (2019). Estudio bibliométrico de la producción científica sobre TIC en Perú (2010-2017). *Revista de Psicología Educativa*, 7.
- ATSDR. Resúmenes de Salud Pública – Sulfuro de hidrógeno (Ácido sulfhídrico) (Hydrogen Sulfide) (2 de noviembre de 2022). https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs114.html#:~:text=La%20exposici%C3%B3n%20a%20concentraciones%20bajas,pueden%20producir%20p%C3%A9rdida%20del%20conocimiento.
- Bauste, M., & Rivero, J. (2006). Book VII Coloquio Internacional de Tecnologías Aplicadas a los Servicios de Información Creatividad e Innovación (Eds.) Servicios Bibliotecarios de la Universidad de Los Andes-SERBIULA. Venezuela: Asociación Nacional de Bibliotecas, y Servicios de Información del Sector.

- Bhardwaj y Khaiteer (2023). What data analytics can or cannot do for climate change studies: An inventory of interactive visual tools. *Ecological Informatics*, 73 (2023) 101918. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101918>
- Blanco Olea, F. (2010). Análisis bibliométrico de la revista "Educación" De la Pontificia Universidad Católica del Perú (1992-2005). *Alexandria: revista de Ciencias de la Información*, 16. <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/alexandria/article/view/222/216>
- Bordons, M. y Zulueta, A. (1999). Evaluación de la actividad científica a través de indicadores bibliométricos. *Revista Española de Cardiología*, 52(10), 790-800. [https://doi.org/10.1016/S0300-8932\(99\)75008-6](https://doi.org/10.1016/S0300-8932(99)75008-6).
- Bordons, M., Fernández, M., & Gómez, I. (2002). . Advantages and limitations in the use of impact factor measures for the assessment of research performance in a peripheral country. *Scientometrics*, 53(2), 195-206.
- Braun, T. (1999). Bibliometric indicators for the evaluation of universities - intelligence from the quantitation of the scientific literature. *Scientometrics*, 45(3), 425-432.
- Bravo Vinaja, A. (2005). *Análisis bibliométrico de la producción científica de México en ciencias agrícolas a través de las bases de datos internacionales: agricola, agris, cab abstracts, science citation index, social science citation index y tropag & rural, en el período 1983-2*. [Tesis doctoral]. Universidad Carlos III de Madrid.
- Broad, W. (13 de Mayo de 1997). Study Finds Public Science Is Pillar of Industry. *The New York Time*, 1.
- Broadus, R. (1987). Toward a definition of "Bibliometrics". *Scientometrics*, 12(5-6), 373-379.

- Calvo de Anta, R., & Perez Otero, A. (1994). Soils affected by acid mine waters in Galicia (NW Spain). *Water, Air, and Soil Pollution*, 73, 247-263.
- Camps, D. (2007). Estudio bibliométrico general de colaboración y consumo de la información en artículos originales de la revista *Universitas Médica*, período 2002 a 2006. *Universitas Médica*, 358-365.
- Camps, D. (2008). Limitaciones de los indicadores bibliométricos en la evaluación de la actividad científica biomédica. *Colombia Médica*, 39(1), 74-79.
- Chaparro, L. (2015). Drenajes Ácidos de Mina Formación y Manejo. *Revista ESAICA*, 53-57.
- CONACYT. (2008). *Evaluación de impacto del programa de formación de científicos y tecnólogos 1997-2006*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- CONCYTEC. (2016). I Censo Nacional de Investigación y Desarrollo a Centros de Investigación.
- Corrales-Reyes, I. E., Fornaris-Cedeño, Y., & Reyes-Pérez, J. (2017). Análisis bibliométrico de la revista investigación en educación médica. Período 2012-2016. *Investigación en Educación Médica*, 9. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1016/j.riem.2017.02.003>
- Cravotta III C. (2010). Abandoned Mine Drainage in the Swatara Creek Basin, Southern Anthracite Coalfield, Pennsylvania, USA: 2. Performance of Treatment Systems. USGS Staff - Published Research. Paper 304. Mine Water Environ. DOI 10.1007/s10230-010-0113-5.
- Daniele de Souza, C. (2013). A organização do conhecimento: Estudo bibliométrico na base de dados ISI Web of Knowledge. *Biblios* (51), 13. <https://doi.org/10.5195/biblios.2013.108>.
- Date, C. (2004). *An Introduction to Database Systems*. United States of America, United States of America, United States of America: Pearson Education, Inc.

- Denegri-Muñoz J y Iannacone J. (2020): Tratamiento de drenaje ácido de minas mediante humedales artificiales. *Biotempo* (17) 2. <https://doi.org/10.31381/biotempo.v17i2.3349>.
- El Peruano. (03 de Julio de 2019). Perú, País Minero. Obtenido de <http://www.elperuano.pe/noticia-peru-pais-minero-64507.aspx>.
- Escorcía Otalora, T. (2008). El Análisis Bibliométrico como herramienta para el seguimiento de publicaciones Científicas, Tesis y Trabajos de Grado. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana.
- Espigares M. y Pérez J. (s.f.). *Precipitación química ablandamiento del agua*. <https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/ablandamiento.pdf>.
- Espinosa-Rodríguez, M. A., Hidalgo-Millán, A., & Delgado-Delgado, R. (2016). Diseño de un sistema de tratamiento para el drenaje ácido de mina basado en el proceso de lodos de alta densidad (HDS). *Ingeniería*, 20(2), 64-75.
- Estrada Lorenzo, J., Villar Álvarez, V., Pérez Andrés, C., & Rebollo Rodríguez, M. (2003). Estudio bibliométrico de los artículos originales de la revista española de salud pública (1991- 2000). Parte segunda: productividad de los autores y procedencia institucional y geográfica, *Revista Española de Salud Pública*. *Revista Española de Salud Pública*, 333-346.
- Fernández Cano, A. (1995). *Métodos para evaluar la investigación en Psicopedagogía*. Síntesis.
- Ferreiro, A. (1993). *Bibliometría. Análisis bivariante*. Eypasa.
- Flores, B. (2016). *¿Por qué las mujeres no quieren ser ingenieras? Caso: Alumnas de Ingeniería de Tecnología Industrial en la UPCT*. [Trabajo final de Grado]. Universidad Politécnica de Cartagena.

- Flores-Fernández C., y Aguilera-Eguía R. (2019). Indicadores bibliométricos y su importancia en la investigación clínica. ¿Por qué conocerlos? *Revista de la Sociedad Española del Dolor* 5(26). <https://doi.org/10.20986/resed.2018.3659/2018>.
- Glänzel, W., & Moed, H. (2002). Journal impact measures in bibliometric research. *Scientometrics*, 53(2), 171-193.
- Gómez-García, A., Ramiro, M., Ariza, T., & Granados, M. (2012). Estudio bibliométrico de educación XX1. *Educación XXI*, 15(1), 17-41. doi:<https://doi.org/10.5944/educxx1.15.1.148>
- Gregorio Chaviano, O. (2004). Algunas consideraciones teórico-conceptuales sobre las disciplinas métricas. *ACIMED*, 12(5), 11.
- Guevara-Guerrero J. (2015). *Generación de acidez por la presencia de sulfuros en el futuro tajo del proyecto minero "El Galeno"*. [Tesis de Maestría]. Universidad de Piura.
- Gusti Y., Safitri H., Iiham I., Sudibyo y Priyanto S. (2023). Alternative Low-Cost Treatment for Real Acid Mine Drainage: Performance, Bioaccumulation, Translocation, Economic, Post-Harvest, and Bibliometric Analyses. *Sustainability* 2022, 14, 15404. <https://doi.org/10.3390/su142215404>.
- Hassan W. (2023). Comment on research on the remediation of cesium pollution by adsorption: Insights from bibliometric analysis. *Chemosphere* 313(2023) 137357. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137357>.
- Herlihy, A., Kaufmann, P., Mitch, M., & Brown, D. (1990). Regional estimates of acid mine drainage impact on streams in the Mid-Atlantic and Southeastern United States. *Water, Air, and Soil Pollution* 50, 91-107.

- Hicks, D., Wouters, P., Waltman, L., Rijcke, S., & Rafols, I. (2015). Bibliometrics: The Leiden Manifesto for research metrics. *Nature International Weekly journal of science*, 429-431.
- INAP (2012). Guía Global de Drenaje Ácido de Roca. Consultado desde: <http://www.gardguide.com/index.php/Resumen> en diciembre del 2022.
- INAP. (03 de Julio de 2019). The GARD Guide. Obtenido de International Network for Acid Prevention: http://www.gardguide.com/index.php?title=Main_Page
- Ingenieroambiental. (s.f.). Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Acido de Minas (29 de enero de 2019). <http://www.ingenieroambiental.com/4014/compendio-drenaje.pdf>
- Invernizzi, N., Foladori, G., Robles-Belmont, E., Záyago-Lau, E., Arteaga Figueroa, E., Bagattolli, C., Urquijo, W. (28 de Septiembre de 2015). Nanotecnologías dirigidas a necesidades sociales. Contribuciones de la investigación latinoamericana en medicina, energía y agua. *Sociología y Tecnociencia*, 31.
- IPE (2021). *Cómo impacta la minería en la productividad de Perú*. <https://www.ipe.org.pe/portal/ipe-como-impacta-la-mineria-en-la-productividad-de-peru/>.
- Jennings, S., Neuman, D., & Blicher, P. (2008). *Acid Mine Drainage and Effects on Fish Health and Ecology: A review*. Alaska: Reclamation Research Group.
- Jin L., Sun X., Ren H., y Huang H. (2023). Hotspots and trends of biological water treatment based on bibliometric review and patents analysis. *Journal of environmental sciences* 125 (2023) 774–785. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.03.037>
- López P., & Terrada, M. (1992). Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica. (II) Comunicación científica en las distintas áreas de las ciencias médicas. *Medicina Clínica*, 101-106.

- López Tápanes, G., & Gonzáles Alfonso, O. (2013). Estudio bibliométrico de la Revista CorSalud. *Biblios* (52), 11. <https://doi.org/10.5195/biblios.2013.126>
- López-Illescas, C., Moya-Anegón, F., & Moed, H. (Octubre de 2008). Coverage and citation impact of oncological journals in the Web of Science and Scopus. *Journal of Informetrics*, 2(4), 304-316. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2008.08.001>
- Lotka, A. (1926). The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of Washington Academy of Sciences*, 16(12), 317-323.
- Mayta-Tristán, P., Huamaní, C., Montenegro-Idrogo, J., Samanez-Figari, C., & González-Alcaide, G. (2013). Producción científica y redes de colaboración en cáncer en el Perú 2000-2011: un estudio bibliométrico en Scopus y Science Citation Index. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 30(1), 31-36.
- MEM. (03 de julio de 2019). *Perú: País Minero*. <http://mineria.minem.gob.pe/institucional/peru-pais-minero/>
- Miao H., Zaifeng Z., Si L., Youying S., Waigi M., Xiaojie H., Chao Q. y Wanting L. (2023). Genotoxicity of organic contaminants in the soil: A review based on bibliometric analysis and methodological progress. *Chemosphere* 313 (2023) 137318. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137318>
- Nicanor Segismundo, A., Borja Villanueva, C., Bernuy Torres, L., Danny Alonso, L., & Morillo Flores, J. (May.- Aug de 2019). Bibliometric Study of Scientific Production on ICT in Peru (2010-2017). *Propósitos y Representaciones*, 7, 196-209. <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.309>

NJHealth (2016). *Derecho a saber. Hoja informativa sobre sustancias peligrosas.*

<https://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0106sp.pdf>.

Ojeda-Pereira I. y Campos-Medina F., (2021). International trends in mining tailings publications:

A descriptive bibliometric study. *Resources Policy* 74(2021) 102272.

<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102272.3>.

Okubo, Y. (1997). *Bibliometric indicators and analysis of research systems: methods and examples.* OECD Science, Technology and Industry.

<https://dx.doi.org/10.1787/208277770603>

Olmedilla, A., Abenza, L., Serrano, A., Muñoz, A., García-Angulo, F., & Ortega, E. (12 de Mayo de 2017). Estudio bibliométrico de tesis doctorales sobre psicología del deporte. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 121-130.

Price D., (1969). Measuring the size of the science. *Proceeding of the Israel Academic of Science and Humanities*, 4(6), 98-111.

Price, D. (1976). A general theory of bibliometric and other cumulative disadvantage processes. *Journal of American Society of Information Sciences*, 27(5), 292-306.

Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics? *Journal of Documentation*, 348-349.

Ríos A., & Ronquillo M. (2014). *Uso de indicadores bibliométricos como criterios de periodización de la literaturacientífica en agrociencias generada en México: siglo XX.* Escuela nacional de biblioteconomía y archivonomía.

- Ríos, D. (2000). The bibliometrics: penetration level in the university teaching of library science and its application in the librarian field in the countries of Mercosur. IFLA Council and General Conference, 10.
- Romaní, F., Huamaní, C., & González-Alcaide, G. (2011). Estudio Bibliométrico como Línea de Investigación en las Ciencias Biomédicas: Una aproximación para el Pregrado. *CIMEL*, 52-62.
- Romani, F., Roque, J., Vásquez, T., Mormontoy, H., & Vásquez, H. (1 de January de 2016). Anales de la Facultad de Medicina. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832016000300008
- Romero Croce, J. (2014). Estudio bibliométrico de la revista liberabit en el período comprendido entre 1995 - 2013. *LIBERABIT*, 369-372.
- Romo Fernandez, L. M. (1 de Enero de 2016). *Analisis de la produccion cientifica en Energias Renovables*. [Tesis Doctoral]. Universidad de Extremadura.
- Rueda-Clausen Gómez, C. F., Villa-Roel Gutiérrez, C., & Rueda-Clausen Pinzón, C. E. (2005). Indicadores bibliométricos: origen, aplicación, contradicción y nuevas propuestas. *Med Unab*, 8, 29-36. <http://editorial.unab.edu.co/revistas/medunab>
- Sanchez Rial J. y Ferreira Centeno J. (2016). Drenajes ácidos de Mina Alternativas de tratamiento. *REV. MAMYM*. 2016(1), pp.20-33.
- Sanz-Valero, J., Tomás Casterá, V., & Wanden-Berghe, C. (2014). Estudio bibliométrico de la producción científica publicada por la Revista Panamericana de Salud Pública/Pan American Journal of Public Health en el período de 1997 a 2012. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 35(2), 81-88.

Sengupta, M. (1993). *Environmental Impacts of Mining Monitoring, Restoration, and Control*.

CAT# L441: CRC Press.

Short, T., Black, J., & Birge, W. (1990). Effects of Acid-Mine Drainage on the Chemical and Biological Character of an Alkanine Headwater Stream. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 241-248.

Souzanchi E., Bonyadi K. y Gholizadeh N., (2023). Innovation systems and global value chains: A Co-citation analysis of established linkages and possible future trends. *International Journal of Innovation Studies*, 7(2023), 68e86. <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2022.09.003>.

Stumm, W. y Morgan, J. (1981). *Aquatic Chemistry*. (Second Edition). John Wiley & Sons.

Taype-Rondan, A., Huapaya-Huertas, O., Bendezu-Quispe, G., Pacheco-Mendoza, J., y Bryce-Alberti, M. (2017). Producción científica en diabetes en Perú: Un estudio bibliométrico. *Revista chilena de nutrición*, 4(2). <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182017000200006>.

Terrada, M., & López, J. (1991). La producción científica española y su posición en la comunidad internacional. Espasa Calpe, 73-112.

Urbizagástegui, R. (1999). La Ley de Lotka y la literatura de bibliometría. *Investigación Bibliotecológica*, 13(27), 125-141.

Valdiviezo L., Castañeda-Oliviera C., Cabello-Torres J., García F., Munive R., y Alfaro E. (2023). Scientometric study of treatment technologies of soil pollution: Present and future challenges. *Applied Soil Ecology* 182 (2023) 104695. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104695>

- Vallejo, R. (2005). Estudio Longitudinal De La Producción Española De Tesis Doctorales En educación Matemática (1975-2002).[Tesis Doctoral]. Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación.
- Villachica C. (2005). Proceso NCD: Tecnología Nacional comprobada para el tratamiento de efluentes ácidos mineros" IV Congreso internacional de Medio Ambiente en Minería y Metalurgia. Lima-Perú.
- Xie J., Bian X., Wu Q., Tao L., Wu F. y Lin T. (2023). Global knowledge domain and prospects in tuna research: A bibliometric analysis. *Aquaculture and Fisheries* 8 (2023) 202–210. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.09.005>.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Registro de datos “Data DAM Perú” de la Producción científica sobre drenaje ácido de minas en el Perú, período 2010-2021: Estudio Bibliométrico.