



## Cultivo de *Dactylis glomerata* para disminuir los pasivos ambientales por relaves mineros

Cultivation of *Dactylis glomerata* to reduce environmental liabilities from mining tailings

Cultivo de *Dactylis glomerata* para reduzir as passivos ambientais provenientes de rejeitos de mineração

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil  
o revisa este artículo en:  
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i24.324>

Russbelt Yaulilahua-Huacho<sup>1</sup>   
russbeltyauli24@gmail.com

Carlos Dueñas-Jurado<sup>2</sup>   
carlos.duenas@unh.edu.pe

Lucila Amelia De La Cruz-Rojas<sup>3</sup>   
ldelacruzr@une.edu.pe

Cesar Castañeda-Campos<sup>2</sup>   
cesar.castaneda@unh.edu.pe

Jorge Luis Huere-Peña<sup>2</sup>   
jorge.huere@unh.edu.pe

Edwin Javier Ccente-Chancha<sup>2</sup>   
edwin.ccente@unh.edu.pe

<sup>1</sup>Independiente, Huancavelica-Perú

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica-Perú

<sup>3</sup>Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Lima-Perú

Artículo recibido 4 de marzo 2024 / Arbitrado 8 de abril 2024 / Publicado 20 de septiembre 2024

### RESUMEN

El relave de una planta minera muy contaminado por diferentes metales pesados, generan pasivos ambientales que ocasionan riesgos ambientales como la degradación del suelo y la contaminación agua. Por ello, el **objetivo** de esta investigación fue evaluar la germinación y sobrevivencia del pasto ovillo (*Dactylis glomerata*; L.) en la restauración de suelos afectados por relaves mineros, con adición de tierra negra y compost como sustratos, en la Compañía Buenaventura Julcani Huancavelica. Se diseñaron cuatro tratamientos los cuales se diferenciaron por el sustrato utilizado; en el T1 se utilizó como relave puro, en T2 relave puro más tierra negra, en T3 relave puro más compost y en T4 relave puro más tierra negra y compost en las proporciones de 4: 3,1: 3,1: 3:1,1 con total de doce unidades experimentales. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 1 x 4, considerando en cada tratamiento doce repeticiones. Los **resultados** indican que la especie vegetal en suelos contaminados con relave de la minería tiene la capacidad de germinar y sobrevivir en las combinaciones de T2, T3 y T4. Se **concluye**, el pasto *Dactylis glomerata* L; posee la capacidad fitorremediadora.

**Palabras clave:** Compost; *Dactylis glomerata* L; Tierra negra; Relave puro; Suelo contaminado

### ABSTRACT

The tailings from a highly contaminated mining plant with various heavy metals generate environmental liabilities that pose environmental risks such as soil degradation and water contamination. Therefore, the **objective** of this research was to evaluate the germination and survival of tufted hairgrass (*Dactylis glomerata*; L.) in the restoration of soils affected by mining tailings, using black soil and compost as substrates, at the Buenaventura Julcani Huancavelica Company. Four treatments were designed, differentiated by the substrate used; in T1, pure tailings were used, in T2 pure tailings plus black soil, in T3 pure tailings plus compost, and in T4 pure tailings plus black soil and compost in the proportions of 4:3, 1:3, 1:3:1, 1:1, totaling twelve experimental units. A completely randomized design (CRD) with a factorial arrangement of 1 x 4 was used, considering twelve repetitions for each treatment. The **results** indicate that the plant species in soils contaminated with mining tailings has the ability to germinate and survive in the combinations of T2, T3, and T4. It is **concluded** that *Dactylis glomerata* L. possesses phytoremediation capabilities.

**Key words:** Compost; *Dactylis glomerata* L.; Black earth; Pure tailings; Contaminated soil

### RESUMO

Os rejeitos de uma planta mineradora altamente contaminados por diferentes metais pesados geram passivos ambientais que ocasionam riscos ambientais, como a degradação do solo e a contaminação da água. Portanto, o **objetivo** desta pesquisa foi avaliar a germinação e sobrevivência do capim ovillo (*Dactylis glomerata*, L.) na restauração de solos afetados por rejeitos de mineração, com adição de terra preta e composto como sustratos, na Companhia Buenaventura Julcani Huancavelica. Foram desenhados quatro tratamentos que se diferenciaram pelo sustrato utilizado; no T1 foi utilizado rejeito puro, no T2 rejeito puro mais terra preta, no T3 rejeito puro mais composto e no T4 rejeito puro mais terra preta e composto nas proporções de 4:3, 1:3, 1:3:1, 1:1, totalizando doze unidades experimentais. Foi utilizado um desenho completamente ao acaso (DCA) com arranjo fatorial de 1 x 4, considerando doze repetições para cada tratamento. Os **resultados** indicam que a espécie vegetal em solos contaminados com rejeito da mineração tem a capacidade de germinar e sobreviver nas combinações de T2, T3 e T4. **Conclui-se** que o capim *Dactylis glomerata* L. possui capacidades fitorremediadoras.

**Palavras-chave:** Composto; *Dactylis glomerata* L.; Terra preta; Rejeito puro; Solo contaminado

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Dactylis glomerata* L., ha emergido como una alternativa prometedora para la restauración de suelos afectados por la contaminación derivada de actividades mineras. Esta gramínea perenne, conocida por su capacidad de adaptación a diversos tipos de suelo, no solo mejora la estructura del terreno, sino que también contribuye a la recuperación de nutrientes esenciales. Su habilidad para germinar y establecerse en condiciones adversas la convierte en un recurso valioso en proyectos de rehabilitación ecológica. Además, el uso de sustratos orgánicos como el compost potencia su efectividad en la restauración ambiental, promoviendo un ecosistema más saludable y sostenible (1).

Por otro lado, históricamente, la minería ha tenido un impacto significativo en el desarrollo económico de comunidades y países a nivel mundial, siendo un motor clave de progreso económico (2). Además, esta actividad no solo contribuye a este sector, sino también al avance tecnológico de otros como la salud, educación, agricultura y ganadería (3). En América Latina, la inversión minera, que representaba el 12% de la inversión mundial en la década de los noventa, se estima que ha triplicado esa cifra (4). Sin embargo, esta actividad también es responsable de la degradación de ecosistemas, problemas sociales y contaminación de recursos naturales.

A este respecto, Perú es reconocido a nivel internacional por sus vastas reservas de minerales, lo que ha fomentado la producción y exportación de metales significativos como la plata (Ag), el cobre (Cu), el zinc (Zn) y el oro (Au) (5). Sin embargo, esta intensa actividad minera ha generado la acumulación de numerosos pasivos ambientales en diversas regiones del país, lo que representa un desafío crítico para la salud del ecosistema (6,7). Por lo tanto, es esencial implementar una regulación eficaz y llevar a cabo una gestión adecuada de estos pasivos mineros. Esto no solo ayudará a mitigar los efectos adversos de la minería, sino que también promoverá prácticas de minería responsable y sostenible en Perú, asegurando un equilibrio entre desarrollo económico y conservación ambiental.

Asimismo, las empresas mineras emplean dos métodos principales de explotación: a cielo abierto y subterránea. Durante estas operaciones, se generan residuos conocidos como relaves mineros, compuestos por sustancias tóxicas (tales como ácidos, álcalis, espumas, floculantes, coagulantes, aceites, petróleo y sólidos en suspensión) utilizadas en el proceso de extracción. Estos relaves son altamente contaminantes, afectando negativamente la vida ecológica de los cuerpos de agua superficiales cercanos y los suelos circundantes, debido a la presencia de metales ionizados, cianuros y reactivos químicos (8).

En consecuencia, las actividades mineras generan Pasivos Ambientales Mineros (PAM), que pueden tener consecuencias graves y duraderas para el medio ambiente. Estos pasivos amenazan recursos vitales como el agua, el suelo y el aire, elementos esenciales para la vida. La contaminación resultante de estas actividades puede llevar a la infertilidad del suelo y a la degradación de fuentes hídricas, lo que afecta negativamente la calidad del agua y altera los ecosistemas locales. Además, los PAM pueden introducir metales pesados y sustancias tóxicas en el entorno, representando un riesgo significativo tanto para la salud pública como para la biodiversidad. Por lo tanto, es fundamental implementar estrategias efectivas para gestionar y remediar estos pasivos, garantizando así una minería más sostenible y responsable que proteja nuestro planeta y sus recursos (9).

Por otra parte, el pasto *Dactylis glomerata* L. posee la capacidad de remediar suelos afectados por residuos mineros, estabilizando y acumulando contaminantes en sus tejidos foliares y raíces (10). Su eficacia en la remediación de suelos ha sido ampliamente reconocida, haciendo de esta planta una candidata ideal para la recuperación de áreas contaminadas (11,12). La relevancia de este estudio radica en su enfoque ambiental, resaltando cómo la actividad minera contribuye significativamente a la contaminación del medio ambiente con toxinas que provocan la infertilidad

del suelo y la contaminación del agua más allá de los límites aceptados por el Ministerio de Salud. La situación se agrava considerando que la minería, tanto en formas legales como ilegales, se desarrolla en zonas críticas para las comunidades y los ecosistemas. Por tanto, este trabajo propone alternativas viables para mitigar la contaminación derivada de la minería.

En este contexto, la importancia de agregar tierra negra y compost en la remediación de suelos contaminados por relaves mineros es crucial. Ambos materiales actúan como acondicionadores que facilitan la extracción de contaminantes, mejorando así la calidad del suelo y promoviendo un entorno más saludable para las plantas y los organismos que dependen de él. Este enfoque no solo ayuda a restaurar el equilibrio ecológico, sino que también ofrece alternativas viables para mitigar los efectos adversos de la minería (13,14).

Por lo tanto, la utilización de *Dactylis glomerata* L., junto con tierra negra y compost, representa una estrategia clave para la remediación de suelos contaminados por relaves mineros. Este estudio, tiene como objetivo evaluar la germinación y sobrevivencia del pasto ovinillo (*Dactylis glomerata*; L.) en la restauración de suelos afectados por relaves mineros, con adición de tierra negra y compost como sustratos, en la Compañía Buenaventura Julcani Huancavelica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo experimental y alcance descriptivo. Se llevó a cabo desde noviembre 2021 hasta abril 2022 en la Compañía Buenaventura Julcani, ubicada en el distrito de Ccosaccasa, Huancavelica, Perú, a 64 kilómetros al sureste de Huancavelica, a altitudes que varían entre 4200 y 4550 metros sobre el nivel del mar (msnm). La zona se caracteriza por temperaturas que oscilan entre 10 y -5.5 °C.

En este contexto, la Compañía de Minas Buenaventura opera en su Unidad Minera Julcani a varios niveles, desde el 420 hasta el 710. La extracción se realiza mediante métodos convencionales, recirculando el material sobrante o trasladándolo a depósitos de relaves en superficie. Para minimizar el impacto ambiental, se bombea el drenaje de aguas ácidas para su tratamiento. La mina Julcani es polimetálica y utiliza un proceso de extracción que incluye trituración, molienda y flotación, lo que refleja la complejidad y los posibles efectos negativos de estas operaciones en el medio ambiente.

Por lo tanto, para el estudio se consideró el estanque de relaves mineros número 9 con un área de 199,750 m<sup>2</sup>. El área de estudio fue evaluada previo a la identificación de 6 puntos de muestreo de los cuales se tomaron 5 kilogramos (kg) por punto, haciendo un total de 30 kg de relaves, los

cuales fueron tomados al azar, pertenecientes a la Unidad Minera Julcani - Buenaventura del Centro Poblado de San Pedro de Mimosa del Distrito de Ccochaccasa Huancavelica-Perú, siendo cada muestra etiquetada en bolsas herméticas y trasladada. Asimismo, la tierra negra sin materia orgánica de 10 kg fue trasladado desde el poblado de Yaurichucho a 10 (km) de la ciudad de Huancavelica. Finalmente, se trasladó el compost de 10 (kg) desde la planta de tratamiento de residuos sólidos de la Municipalidad Provincial de Huancavelica.

A continuación, la combinación de los sustratos relave puro (RP), tierra negra (TN) y compost (C) se mezclaron cuidadosamente para cada tratamiento. La homogeneización se realizó con palas y se tamizaron la TN y el C para asegurar una germinación uniforme de los pastos. La distribución del sustrato se llevó a cabo con balanza electrónica de la siguiente manera: 4.0 kg de RP para el tratamiento control (T1), 3.0 kg de RP y 1 kg de TN para T2, 3.0 kg de RP y 1 kg de C para T3, y 2.0 kg de RP, 1 kg de TN y 1 kg de C para T4. Luego, antes de iniciar el proceso de siembra, se contaron 200 semillas por unidad experimental de cada tratamiento. La siembra de *Dactylis glomerata* L. se efectuó en el suelo acondicionado, utilizando el método de voleo bajo condiciones óptimas de humedad y temperatura. Cada unidad experimental medía 20 x 20 centímetros (cm).

Posteriormente, el riego se llevó a cabo de manera uniforme en todas las unidades experimentales y tratamientos, utilizando una regadera manual, dos veces por semana por la mañana, según las condiciones ambientales de cada planta. El agua utilizada fue recolectada en baldes de 18 litros (L), proveniente de la precipitación fluvial durante el periodo de ejecución del experimento, con el fin de no alterar los componentes de los sustratos. A los 18 días de la siembra, se observó un 95% de germinación en cada tratamiento, dato que se registró detalladamente junto con la fecha.

En consecuencia, se empleó un Diseño de Bloques al Azar en el cual los bloques estuvieron representados por las unidades experimentales de siembra en total 12, distribuyéndose en cada una de forma aleatoria los cuatro tratamientos. Para el análisis de los datos luego de la comprobación del no cumplimiento de los supuestos de ajuste a la distribución normal y la homogeneidad de la varianza entre grupos se empleó para el análisis una prueba de distribución libre de Kruskal-Wallis a través de la mediana. La magnitud de las diferencias entre las medianas se determinó con la décima de comparación de rangos medios de Z, se empleó un nivel de significación para  $p < 0,05$ .

Finalmente, los indicadores de germinación y sobrevivencia de *Dactylis glomerata L.* se evaluaron mediante observaciones, mediciones y análisis bi-semanales. Los resultados se presentaron en

número de germinación y sobrevivencia, con un intervalo de confianza al 95%. Para análisis estadístico, se empleó el programa Statistic versión 10.

## RESULTADOS

La germinación es un proceso crucial en la evaluación de cultivos de pasto, ya que determina la viabilidad y el potencial de crecimiento de las semillas. A continuación, se detallan los aspectos más relevantes de su importancia.

La Tabla 1, presenta los resultados del análisis de germinación de semillas de *Dactylis glomerata L.* bajo cuatro tratamientos diferentes, cada uno compuesto por 200 semillas. Tras 18 días, se registraron las tasas de germinación correspondientes a cada tratamiento. En el tratamiento uno, que consistió en relave puro (grupo control), se observó una tasa de germinación de  $38 \pm 42$ , lo que indica una baja efectividad y sugiere que este sustrato no favorece el crecimiento de las semillas. En el tratamiento dos, que combinó relave puro con tierra negra, la tasa de germinación aumentó a  $69.75 \pm 19.36$ , evidenciando que la adición de tierra negra mejora significativamente las condiciones para la germinación. El tratamiento tres, que incorporó compost al relave puro, alcanzó una notable tasa de  $164.33 \pm 28.93$ , indicando que el compost proporciona nutrientes esenciales y optimiza el sustrato para el crecimiento. Finalmente, en el

tratamiento cuatro, que combinó relave puro, tierra negra y compost, se obtuvo una tasa de germinación de  $119.50 \pm 18.82$ . Aunque esta combinación también favorece la germinación, su

efectividad es inferior a la del compost solo. Esta redacción es más clara y concisa, manteniendo un enfoque en los resultados y sus implicaciones.

**Tabla 1.** Germinación de semillas del *Dactylis glomerata* L.

Doscientos semillas de pasto cultivada por unidad experimental						
Estadígrafos	Relave– grupo control	Relave y tierra negra	Relave y compost	Relave, tierra negra y compost	H†	p
Mediana (Media)	37a (38.42)	73.5b (69.75)	163.5c (164.33)	115.5d (119.50)	40.7443	0,001
± DE	12.13	19.36	28.93	18.82		

Medianas con subíndices distintos difieren para  $p \leq 0.05$ . Medias dentro de paréntesis, ±DE la media de los distintos tratamientos.

Por otra parte, el indicador de supervivencia es crucial en un experimento de cultivo de pasto, ya que refleja la capacidad de las plantas para adaptarse y prosperar en su entorno. Este parámetro se mide generalmente como un porcentaje, calculando el número de plantas vivas en relación con el total sembrado. Un alto porcentaje de supervivencia indica que las condiciones del sustrato, el manejo agronómico y las prácticas culturales son adecuadas, lo que se traduce en un establecimiento exitoso del cultivo.

En este sentido, en la Tabla 2, se presentan los resultados sobre la supervivencia del pasto *Dactylis glomerata* L. bajo cuatro tratamientos diferentes, cada uno evaluando 200 semillas por unidad experimental. En el grupo control, que consistió únicamente en relave, la supervivencia fue de 2 plantas (3.78%), indicando un entorno

poco favorable para el crecimiento. En contraste, el tratamiento que combinó relave y tierra negra mostró una mejora notable, con una supervivencia de 36.5%, lo que sugiere que la tierra negra contribuye a mejores condiciones de crecimiento. El tratamiento con relave y compost alcanzó una mediana de 76.5%, evidenciando un impacto positivo significativo del compost en la supervivencia de las plantas. Finalmente, la combinación de relave, tierra negra y compost resultó en una mediana de supervivencia de 53%, aunque inferior a la del tratamiento con compost solo. Estos resultados destacan la importancia de los sustratos utilizados en la supervivencia del pasto, sugiriendo que el uso de compost es particularmente beneficioso para optimizar el establecimiento del cultivo.

**Tabla 2.** Supervivencia del pasto *Dactylis glomerata* L. por tratamientos.

Doscientos semillas de pasto cultivada por unidad experimental						
Estadígrafos	Relave- grupo control	Relave y tierra negra	Relave y compost	Relave, tierra negra y compost	H†	p
Mediana (Media)	2a (3.78)	36.5b (33.58)	76.5c (77.61)	53d (53.80)	175.01	0.001
± DE	5.01	8.41	14.03	7.08		

Medianas con subíndices distintos difieren para  $p \leq 0.05$ . Medias dentro de paréntesis,  $\pm$ DE de la media de los distintos tratamientos.

La Tabla 3, muestra los resultados de la comparación de la supervivencia del pasto *Dactylis glomerata* L. por unidades experimentales. De este modo, la mediana de supervivencia varía entre las unidades experimentales, siendo la más baja de 33 en la unidad 8 y la más alta de 49 en la unidad 9. Los rangos medios también reflejan

esta variabilidad, con valores que oscilan desde 85,25 hasta 107,81. El valor  $X^2$  es bajo en todas las unidades, indicando poca variación entre ellas, y el valor p es consistentemente alto (0,996), sugiriendo que no hay diferencias estadísticamente significativas en la supervivencia del pasto entre las distintas unidades experimentales.

**Tabla 3.** Supervivencia del pasto *Dactylis glomerata* L. por unidades experimentales

Unidades experimentales	N	Mediana	Rangos medios	$X^2$	p
1	16	38,75	91,25	2,43	0,996
2	16	43	88,97		
3	16	42,5	97,97		
4	16	43,5	85,25		
5	16	44	95,94		
6	16	46,5	101,81		
7	16	44,25	102,13		
8	16	33	92,09		
9	16	49	107,81		
10	16	47,75	97,72		
11	16	46,75	102,94		
12	16	39,25	94,13		

## DISCUSIÓN

La investigación presentada evidencia la importancia del uso de pastos en la recuperación de activos ambientales, en este caso se evaluó el uso del *Dactylis glomerata* L. el cual puede germinar y sobrevivir ante las condiciones descritas en los resultados de este experimento. Además, lo mostrado concuerda con los informes de Hernández-Guzmán (4) en el 2014 y Villareal (15) en el 2014. Una vez se logra el establecimiento de los pastos, además de lograr la restauración de los suelos, ofrecen hábitats para diversas especies, promoviendo la biodiversidad y apoyando la restauración de ecosistemas degradados. Su integración en prácticas agrícolas sostenibles no solo fomenta la salud del suelo, sino que también reduce la dependencia de insumos químicos. Asimismo, los pastos regulan el ciclo del agua al aumentar la infiltración y disminuir la escorrentía. En conjunto, estos beneficios subrayan la relevancia de los pastos para la conservación y sostenibilidad ambiental (16).

Asimismo, los resultados obtenidos en esta investigación demuestran la efectividad del uso de compost en la mejora de la supervivencia y el crecimiento del pasto *Dactylis glomerata* L. bajo diferentes tratamientos. Se observó que la adición de compost, ya sea solo o en combinación con otros sustratos como tierra negra, incrementó significativamente la tasa de supervivencia en comparación con el relave puro, que actuó como

grupo control. Esto sugiere que el compost no solo aporta nutrientes esenciales, sino que también mejora las condiciones del suelo, favoreciendo la retención de humedad y la actividad microbiana. Estos hallazgos respaldan la idea de que el uso de compost puede ser una estrategia efectiva para restaurar suelos degradados y optimizar cultivos, contribuyendo a una agricultura más sostenible y resiliente frente a condiciones adversas. Además, se resalta el potencial del compost para mejorar la calidad del suelo a largo plazo, lo que es fundamental para garantizar la productividad agrícola y la salud ambiental en general.

En esta dirección, se han desarrollado investigaciones que muestran resultados similares, una de las particularidades de estos resultados a destacar es la alta variabilidad de los mismos. En este contexto, Flores (17) en el 2019, comunicó una germinación de 87% de *Dactylis glomerata* L. al octavo día de siembra, en suelos aledaños al pasivo ambiental minero Santo Toribio, independencia – Ancash. Por otro lado, Yaulilahua (5) en el 2024 encontraron tasas variables de supervivencia por tratamientos: 11.42%, 34.33%, 78.83%, 55.08% y por mes: enero, el 4.00%, 33.92%, 78.17%, 54.75% en febrero, el 2.17%, 33.58%, 77.58%, 53.58% en marzo y el 0.00%, 33.58%, 76.92%, 52.50% en abril.

Por otra parte, y aunque no se ha evaluado en esta investigación es importante resaltar los resultados encontrados por Quishpe (18) en el 2021, complementan estos estudios al demostrar

que el pasto *Dactylis glomerata* L. posee una destacada capacidad para la remoción de arsénico (As), alcanzando una eficacia del 96%. Además, otros estudios (19) demuestran la capacidad del pasto *Dactylis glomerata* L. para absorber metales pesados a través de la estabilización del suelo.

En otro orden de ideas y como sustento de los resultados encontrados en este trabajo, es conocido que el compost como enmienda orgánica para el suelo se destaca como un aditivo especialmente efectivo, posiblemente debido a su capacidad para mejorar la estructura del suelo, aportar nutrientes esenciales y aumentar la actividad microbiana, lo que a su vez favorece la resiliencia y el desarrollo de las plantas en condiciones adversas. Estos elementos, aunque no formaron parte de las evaluaciones realizadas en esta investigación se han comunicado por otros autores (5,18,19).

### CONCLUSIONES

En esta investigación se destaca que el uso de compost es el tratamiento más efectivo para la germinación y supervivencia de semillas y plantas de pasto *Dactylis glomerata* L. en suelos contaminados por relaves mineros. El tratamiento que combinó relave puro con tierra negra y compost mostró una germinación moderada, indicando una viabilidad positiva, aunque no óptima. En contraste, el tratamiento que integró solo tierra negra y relave minero resultó en una baja germinación, mientras que el grupo

control con relave puro presentó los peores resultados. Además, el tratamiento que combinó relave y compost demostró ser favorable para la supervivencia de las plantas, evidenciando que el compost tiene un impacto más significativo en la salud del suelo y la resistencia de las plantas frente a la toxicidad de los metales pesados presentes en los relaves.

**CONFLICTO DE INTERESES.** Los autores declaramos que no existe ningún conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. García J. *Dactylis glomerata* L. INIA LE OBERÓN. Montevideo - Uruguay; 1995. 10 p. (Boletín de Divulgación N° 49). <https://acortar.link/pTqgUU>
2. Martínez J, Casallas M. Contaminación y remediación de suelos en Colombia. Aplicación a la minería de oro. 2018. <https://acortar.link/JmuW64>
3. Ledesma W. Propuesta de tratamiento del depósito de relaves de Quiulacocho-Pasco para su remediación ambiental, basada en experiencias exitosas en empresas mineras. Univ Nac Daniel Alcides Carrión. 2019; <https://acortar.link/IQm7b7>
4. Hernández-Guzmán F, Hernández-Garay A, Ortega-Jiménez E, Enríquez-Quiroz J, Velázquez-Martínez M. Comportamiento productivo del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) en respuesta al pastoreo. Agron Mesoam. 2015; 26(1):33-42. <https://acortar.link/kw6zOI>
5. Yaulilahua-Huacho R, Salas-Contreras W, Sumarriva-Bustanza L, Rojas-Felipe E, Contreras-Fernández J, Palomino-Pastrana P, et al. Yield of white clover and orchard grass cultivated in mining passives adding black earth and compost as a substrate. Braz J Biol. 2024; 84: e280008. <https://acortar.link/Hh3JMe>

6. Castillo L, Satalaya C, Paredes Ú, Encalada M, Zamora J, Cuadros M. Pasivos ambientales mineros en el Perú: Resultados de la auditoría de desempeño sobre gobernanza para el manejo integral de los PAM. Contraloría General de la República del Perú (CGR). 2021. <https://acortar.link/JS9gTf>
7. Suárez Y. La fitorremediación de suelos contaminados por relaves mineros a través de *Dactylis glomerata* y *Pennisetum clandestinum*. Rev Inst Investig Fac Minas Metal Cienc Geográficas. 2023; 26(52): e25283-e25283. <https://acortar.link/u79kkh>
8. Canales-Gutiérrez Á. Las cuencas hidrográficas y los relaves mineros. J Selva Andina Biosphere. 2021; 9(2):67-8. <https://acortar.link/lh1f0Y>
9. López-Sánchez L, López-Sánchez M, Medina-Salazar G, López-Sánchez L, López-Sánchez M, Medina-Salazar G. La prevención y mitigación de los riesgos de los pasivos ambientales mineros (PAM) en Colombia: una propuesta metodológica. Entramado. 2017; 13(1):78-91. <https://acortar.link/A8KSLm>
10. Pedraza G. Fitorremediación en cuerpos de agua contaminados por metales pesados. Innova Biol Sci Rev Científica Biol Conserv. 2021; 1(1):61-78. <https://acortar.link/BhzZqU>
11. Julca-Otiniano A, Meneses-Florián L, Blas-Sevillano R, Bello-Amez S. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. Idesia Arica. 2006; 24(1):49-61. <https://acortar.link/O21zZt>
12. Silva G. Evaluación de plantas fitoacumuladoras en suelos aluviales con alto nivel de cobre disponible. Phytoaccumulator plants assessment in alluvial soils with a high available copper level. 2013; 44. <https://acortar.link/Gp3BUD>
13. Suclupe J, Veintimilla F, Paredes P, Iparraguirre R. Plan de enmiendas, Yeso agrícola, Compost mejorado y enriquecido con EM y Humus de Lombriz, para mejorar el suelo. ARNALDOA. 2018; 25(1):141-58. <https://acortar.link/ODS1nr>
14. Murillo A, Mendoza A, Fadul C. La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. Rev Colomb Investig Agroindustriales. 2020; 7(1):58-68. <https://acortar.link/ijhEuM>
15. Villareal A, Hernández A, Martínez P, Guerrero J de D, Velasco M. Rendimiento y calidad de forraje del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) al variar la frecuencia e intensidad de pastoreo. Rev Mex Cienc Pecu. 2014; 5(2):231-45. <https://acortar.link/h2BZn3>
16. Jesús E de, Benítez D, Hernández A, Carmona F. Procedimiento para la rehabilitación ambiental de las minas abandonadas. Aplicación a minas de recursos pétreos en la comunidad de San Pablo Autopan, Estado de México. Acta Univ. 2024; 34:1-22. <https://acortar.link/w25spk>
17. Romero F, Susana S. Evaluación de la fitoextracción de metales pesados a través del *dactylis glomerata* y *trifolium pratense* de suelos aledaños al pasivo ambiental minero Santo Toribio, Independencia – Ancash, 2019. Univ Nac Santiago Antúnez Mayolo. 2022; <https://acortar.link/S4vxfz>
18. Quishpe Á, Barreto P, Guevara A. Remoción de arsénico de efluentes líquidos de plantas de beneficio de oro y cuerpos hídricos, de la zona minera de ponce Enríquez, por rizofiltración con pasto Azul (*Dactylis Glomerata*). Rev LatinAm Metal Mat. 2021; 41(2):165-87. <https://acortar.link/69dhHM>
19. Radziemska M, Dzięcioł J, Gusiatiń Z, Bęś A, Sas W, Głuchowski A, et al. Recycling of Blast Furnace and Coal Slags in Aided Phytostabilisation of Soils Highly Polluted with Heavy Metals. Energies. 2021; 14(14):4300. <https://acortar.link/TCB3dT>