Volume 21 Issue 58
Originally issued as H9

Global Journal of human-social science: H Interdisciplinary
Volume 21 Issue 9 Version 1.0 Year 2021
Type: Double Blind Peer Reviewed International Research Journal
Publisher: Global Journals
Online ISSN: 2249-460x & Print ISSN: 0975-587X

Geological Characterization, Mapping and Sampling of the Tailing Pond from Cerro El Toro, Region La Libertad-Perú

By Mg. Ing. Silvana L. Flores Chávez, Bach. Edison Gastulo Zegarra Luna, Mg. Laura Barrionuevo Torres, Dr. Jorge Alberto Del Carpio Salinas & Dra. Dominga Micaela Cano Ccoa

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Abstract- The present article shows the working methodology of the project field: "Development and validation of a clean technology for the integral treatment of neutralization of effluents and metallurgical tailings in the use of calcareous agents". 1. Geological Characterization, 2. Delimitation of the area of environmental influence for legal exploitation, 3. Mapping, 4. Sampling, 5. Calculation of the volume of tailings, 6. Study of the environmental impact of legal exploitation relationships. It should be noted each one of these activities are important as part of the methodology of work in field, which one are developed in the tailing: “Cerro El Toro” which has been divided the aforementioned relationship into 73 sampling points, grouped according to the relationships: Salinas 1, Salinas 2, Salinas 3, Montoro and Melva, whose volume has been determined through the software AutoCAD Civil which has determined that tailings have the following volume: Salinas 1: 1917.5 m3, Salinas 2 : 20331.48 m3, Salinas 3 : 18375 m3 , Montoro: 668.56 m3 y Melva: 27945,5 m3; whose volume allowed the obtention of a representative sample of the tailing for been studied of their “Environmental Quality of tailing” which gives through the geochemical characterization analysis with the purpose of determining the “Real Impact” of the pollution of tailing in the mining communities of Shiracmaca and Coigobamba.

Keywords: geological characterization, mapping, sampling, tailing pond, cyanidation tail, cerro el toro.

GJHSS-H Classification: FOR Code: 040399

GEOLOGICALCHARACTERIZATIONMAPPINGANDSAMPLINGOFTHETAILINGPONDFROMCERROELTOROREGIONLALIBERTADPERU

Strictly as per the compliance and regulations of:

© 2021. Mg. Ing. Silvana L. Flores Chávez, Bach. Edison Gastulo Zegarra Luna, Mg. Laura Barrionuevo Torres, Dr. Jorge Alberto Del Carpio Salinas & Dra. Dominga Micaela Cano Ccoa. This research/review article is distributed under the terms of the Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0). You must give appropriate credit to authors and reference this article if parts of the article are reproduced in any manner. Applicable licensing terms are at https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/ 4.0/.

Geological Characterization, Mapping and Sampling of the Tailing Pond from Cerro El Toro, Region La Libertad-Perú

Caracterización Geológica, Mapeo Y Muestreo De La Relavera De Cerro El Toro, Región La Libertad-Perú

Mg. Ing. Silvana L. Flores Chávez [α], Bach. Edison Gastulo Zegarra Luna [σ], Mg. Laura Barrionuevo Torres [ρ], Dr. Jorge Alberto Del Carpio Salinas [ω] & Dra. Dominga Micaela Cano Ccoa[¥]

Resumen- El presente artículo muestra la metodología de trabajo de campo del proyecto: *"Desarrollo y validación de una tecnología limpia para el tratamiento integral de neutralización de efluentes y relaves metalúrgicos basados en el empleo de agentes calcáreos"* que se caracteriza por comprender las siguientes actividades:

1. Caracterización Geológica
2. Delimitación del área de influencia ambiental para la explotación legal
3. Mapeo,
4. Muestreo,
5. Cálculo del volumen de relaves,
6. Estudio del Impacto Ambiental de las relaveras de explotación legal.

Cabe resaltar, que cada una de dichas actividades son importantes como parte de la Metodología del trabajo en campo, todas ellas trabajadas en la relavera "Cerro El Toro", que dividió la relavera mencionada en 73 puntos de muestreo, agrupados según las relaveras: Salinas 1, Salinas 2, Salinas 3, Montoro y Melva cuyo volumen se determinó mediante el software AutoCAD civil, que determinó que las relaveras poseen los siguientes volúmenes: Salinas 1: 1917.5 m^3, Salinas 2: 20331.48 m^3, Salinas 3: 18375 m^3 , Montoro: 668.56 m^3 y Melva: 27945,5 m^3; cuyos volúmenes permiten la obtención de una muestra representativa de las relaveras para ser sometida al estudio de su "Calidad Ambiental del relave", lo cual se da a través del análisis de caracterización geoquímica, con el objeto de determinar el "Impacto Real" de la contaminación de las relaveras en las comunidades mineras de Shiracmaca y Coigobamba.

Palabras clave: caracterización geológica, mapeo, muestreo, relavera, relave de cianuración, cerro el toro.

Abstract- The present article shows the working methodology of the project field: "Development and validation of a clean technology for the integral treatment of neutralization of effluents and metallurgical tailings in the use of calcareous agents".

1. Geological Characterization,
2. Delimitation of the area of environmental influence for legal exploitation,
3. Mapping,
4. Sampling,
5. Calculation of the volume of tailings,
6. Study of the environmental impact of legal exploitation relationships.

It should be noted each one of these activities are important as part of the methodology of work in field, which one are developed in the tailing: "Cerro El Toro" which has been divided the aforementioned relationship into 73 sampling points, grouped according to the relationships: Salinas 1, Salinas 2, Salinas 3, Montoro and Melva, whose volume has been determined through the software AutoCAD Civil which has determined that tailings have the following volume: Salinas 1: 1917.5 m^3, Salinas 2 : 20331.48 m^3, Salinas 3 : 18375 m^3, Montoro: 668.56 m^3 y Melva : 27945,5 m^3; whose volume allowed the obtention of a representative sample of the tailing for been studied of their "Environmental Quality of tailing" which gives through the geochemical characterization analysis with the purpose of determining the "Real Impact" of the pollution of tailing in the mining communities of Shiracmaca and Coigobamba.

Keywords: geological characterization, mapping, sampling, tailing pond, cyanidation tail, cerro el toro.

I. Introducción

El Estudio: Caracterización Geológica, mapeo y muestreo de la relavera de Cerro El Toro, Región La Libertad" se basa en un estudio inicial perteneciente al Hito 1, referente al Informe Técnico de Caracterización Fisicoquímica del relave y efluentes metalúrgicos del Proyecto: "Desarrollo y Validación de Tecnología Limpia para el Tratamiento Integral de Neutralización de efluentes y relaves metalúrgicos basados en el empleo de agentes calcáreos", el cual fue un Proyecto que concurso a nivel nacional por la Empresa: Green Metallurgy Technologies S.R.L, en el rubro de Proyecto de Innovación Productiva del Fondo

Author α ρ: Estudiante de Doctorado en Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
e-mails: silvana.flores1@unmsm.edu.pe, laura_cbt@hotmail.com
Author σ: Investigador Científico, Green Metallurgy Technologies S.R.L.
e-mail: procesosgeometalurgicos@hotmail.com
Author ω: Docente Universitario, Universidad Peruana de Ciencias y Humanidades. e-mail: Jorgedelcarpio.concytec@gmail.com
Author ¥: Docente Universitario de la Universidad Nacional de Juliaca.
e-mail: micaelaccoa@hotmail.com

© 2021 Global Journals

FIDECOM que pertenece al Programa de Ciencia y Tecnología – FINCyT, el cual fue un Proyecto Ganador a Nivel Nacional que fue financiado por el Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad-PNCIP del Ministerio de Producción, en mérito a su Impacto Ambiental y al Carácter de Innovación Productivo que planteaba la implementación de dicho proyecto. Asimismo, cabe resaltar, que dicho Proyecto recibió la Asesoría Técnica del Staff de Ingenieros de la referida Empresa Peruana de Base Tecnológica bajo la modalidad de Auspicio y Patrocinio, puesto que la Empresa Consultora de Proyectos Geológico-Minero-Metalúrgicos-Ambientales de Impacto Social se dedicada a la exploración, explotación y beneficio de minerales, relaves por procesos de Concentración Gravimétrica, Cianuración, Flotación para minerales oxidados y sulfurados, respectivamente con un enfoque de Innovaciones Tecnológicas para la producción limpia de minerales y relaves valiosos.

II. Justificaciòn

El estudio constituirá una valiosa herramienta de aporte para el establecimiento de la Línea Base de la Evaluación Preliminar de la contaminación de la relavera de Cerro El Toro dentro del Marco de un Plan de Descontaminación de Suelos, conforme lo establece el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, puesto que las actividades tales como: caracterización geológica, mapeo y muestreo, son actividades complementarias y simultáneas que permitirán determinar la calidad ambiental del área de influencia del proyecto, que puede ser de dos tipos: área de influencia directa y el área de influencia indirecta tanto en el ámbito ambiental como social.

En ese sentido, el Área de Influencia de un Proyecto, se entiende como la porción del territorio donde se realizará la construcción, operación y posterior cierre del proyecto, se considera también el área alrededor del cual podrá haber algún tipo de impacto.

Por su parte, el Área de Influencia Directa (AID) está definido por la ocurrencia de impactos significativos (normalmente asociados a los impactos directos), ya sean negativos o positivos. Incluye aquellas áreas donde se llevarán a cabo las operaciones unitarias principales y auxiliares inherentes al proyecto, así como de los sistemas de infraestructura, equipamiento, actividades y servicios que se instalarán de manera permanente o temporal, representando un potencial impacto sobre el hábitat natural, estas áreas se caracterizan por:

- Una intervención efectiva en función de la dinámica natural del proyecto sobre los hábitats y ecosistema.
- Restricción de uso u ocupación de suelos y
- Afectación de la dinámica poblacional

Estas características estarán delimitadas por factores ambientales representativos como: hidrológico, la predominancia del viento en el ámbito local (dirección) y fisiográfico o relieve del lugar a desarrollar el proyecto. La extensión del AID del proyecto es de 10 Hectáreas, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1: Área de Influencia Directa del Proyecto

Área de Influencia	Región	Provincia	Distrito	Centros Poblados/Caserío
Área de Influencia Directa (AID)	La Libertad	Sánchez Carrión	Huamachuco	Centro Poblado Shiracmaca
				Caserío El Toro
				Caserío de Coigobamba
				Anexo de Santa Cruz

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, el Área de Influencia Indirecta (AII) del proyecto comprende las delimitaciones geográficas, tales como: cuencas o sub cuencas y/o las delimitaciones político-administrativo.

En un primer análisis, se consideran las áreas con definición política administrativa tales como: Centros Poblados y Actividades Económicas Productivas, articulación vial directa entre otros, como se en detalle en la tabla 2.

Tabla 2: Área de Influencia Indirecta del Proyecto

Área de Influencia	Región	Provincia	Distrito	Centros Poblados/Caserío
Área de Influencia Indirecta (AII)	La Libertad	Sánchez Carrión	Huamachuco	Huamachuco Pueblo

Fuente: Elaboración propia

© 2021 Global Journals

III. Materiales y Métodos

La Metodología del estudio se caracteriza por ser con un enfoque cuantitativo de tipo descriptiva que involucra la realización de las actividades de la Caracterización Geológica, Mapeo y Muestreo de la relavera de "Cerro El Toro" del Distrito de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión, Región La Libertad-Perú causada por la generación de relaves de cianuración que son depositados en la relavera en mención.

Cabe resaltar, que la metodología también se baso en la Metodología empleada por la *"GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PLANES DE DESCONTAMINACIÓN DE SUELOS"* en el Marco del Decreto Supremo Nº 002-2013-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo que fue elaborado por la Dirección General de Calidad Ambiental del Vice Ministerio de Gestión Ambiental del Ministerio del Ambiente, puesto que se considero que la Información de la Calidad Ambiental del Suelo afectado por los relaves metalúrgicos de cianuración de las relaveras de *"Cerro El Toro"* constituye una línea base para la elaboración de un Plan de Descontaminación de Suelos, que se deriva en general de la evidencia que los relaves son fuente potencial de contaminación de suelo, cuyos valores de parámetros inorgánicos, supera los ECA para suelo, conforme lo establece el Decreto Supremo Nº 002-2013-MINAM; siendo necesario para determinar esta condición el desarrollo de la evaluación preliminar del sitio y del muestro de identificación en las áreas de potencial interés, tal como la relavera mencionada. En relación a ello, la Metodología planteada por un Plan de Descontaminación de Suelos según el MINAM, se basa en reducir la concentración de los valores de los Parámetros Inorgánicos de los ECA para suelo, para la actividad de beneficio minero-metalúrgico aurífera informal que genera riesgos de contaminación del suelo en su emplazamiento y áreas de influencia que posee 3 fases claramente diferenciadas según sus objetivos, los cuales son: a) Fase de identificación (Previo a la elaboración del PDS), b) Fase de caracterización (Elaboración del PDS) y c) Fase de remediación (Posterior al PDS).

a) *Actividades de la Metodología de la Caracterización geológica, Mapeo y Muestreo de la relavera de Cerro El Toro*

Considerando la Metodología del Plan de Descontaminación de Suelos según el MINAM, la Metodología de la "Caracterización Geológica, Mapeo y Muestreo de la relavera de Cerro El Toro" involucra las siguientes actividades:

- Caracterización Geológica.
- Delimitación del Área de Influencia Ambiental de las relaveras de explotación Legal de la relavera.
- Mapeo de las relaveras de explotación legal de la relavera.
- Muestreo de las relaveras de explotación legal de la relavera.
- Cálculo del volumen de relaves de la relavera.
- Estudio del Impacto Ambiental de las relaveras de Explotación Legal de la relavera.

A continuación se detallan cada una de las actividades mencionadas anteriormente:

i. *Caracterización Geológica de la relavera de "Cerro El Toro"*

La zona de interés se ubica en el cerro el Toro, distrito de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión, en el departamento de La Libertad, geográficamente la zona del proyecto pertenece a la flanco oriental de la Cordillera Occidental.

El acceso a la zona de estudio desde la ciudad de Trujillo, capital del departamento de La Libertad, se realiza por vía terrestre a través de la ruta Trujillo – Shiran – Dv. Otuzco – Shorey – Quiruvilca – Huamachuco, recorriendo una longitud de 181 km de carretera asfaltada, una vez en Huamachuco se realiza un recorrido de 2.8 km de carretera afirmada hasta la zona de estudio.

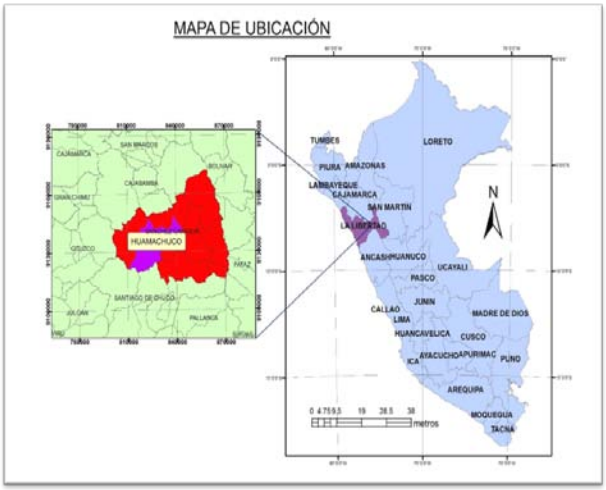

Fig. 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio



Fig. 2: Mapa de acceso a cerro el Toro

© 2021 Global Journals

a. *Geología Local*

La Geomorfología y la Litoestratigrafia permiten determinar el área afloran unidades lito-estratigráficas sedimentarias que comprenden edades desde el Jurásico Superior (Fm. Chicama) y Cretáceo inferior (Grupo Goyllarisquizga) hasta los depósitos Cuaternarios recientes.

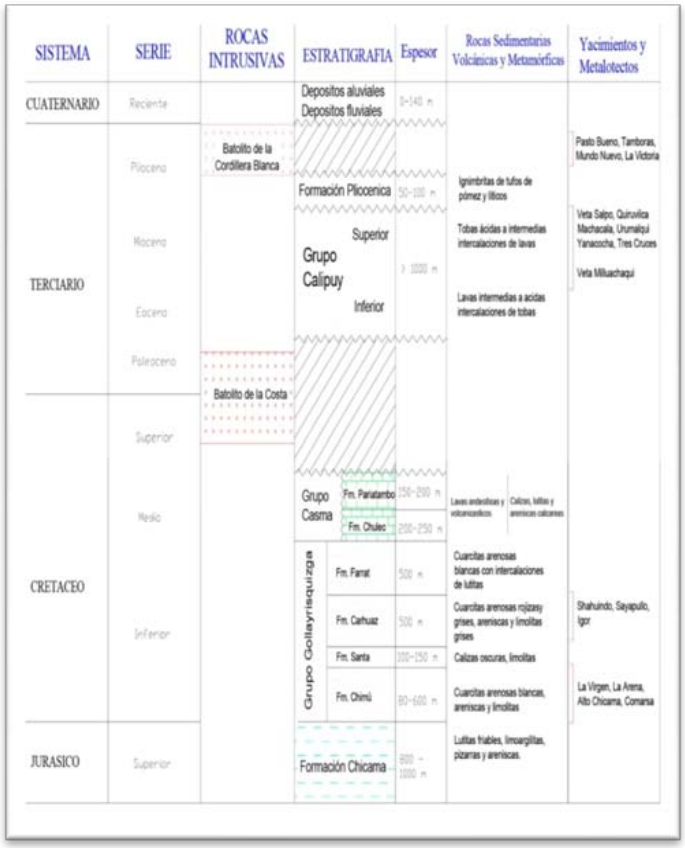

Fig. 3: Columna estratigráfica de la zona de estudio

ii. *Delimitación del área de Influencia Ambiental de las relaveras de explotación legal de la relavera "Cerro El Toro"*

La delimitación del área de influencia ambiental de las relaveras de explotación legal de la relavera "Cerro El Toro" involucra a su vez las actividades de reconocimiento y localización de las relaveras legales de la relavera de "Cerro El Toro".

En ese sentido, se delimito las zonas de mayor interés para evaluar, analizar su potencial para el desarrollo del proyecto. Se llegó a reconocer 5 zonas potenciales, de las cuales 3 de ellas destacan por su mayor volumen e impacto ambiental las cuales son: - Salinas 1, - Salinas 2 (Mayor potencial volumétrico), - Salinas 3 (mayor potencial volumétrico), - Montoro y - Melva 20 (mayor potencial volumétrico). Ver Figura 4.

iii. *Mapeo de las relaveras*

En el mapeo de las relaveras se tomó en cuenta el contenido de mineralógico (óxidos, sulfuros,) y las tonalidades del material que contenían. Ver Figuras 5 y 6.

A continuación, se citan las principales relaveras que pertenecen a "Cerro El Toro":

- ✓ Salinas 1: Se reconoce la presencia de sulfuros (pirita, calcopirita) con poca presencia de óxidos, cuenta con una granulometría fina a media con un buen porcentaje de arcillas.
- ✓ Salinas 2: Presenta una tonalidad pardo ocre claro, por la presencia de óxidos e hidróxidos de hierro (limonitas y hematitas), a su vez también presenta una zonza más blanquecinas con un 40% de arcillas. En esta zona se encuentra con una granulometría de material fino que va desde 0.032 mm hasta bolones de 5 cm de diámetro
- ✓ Salinas 3: Se caracteriza por tener coloraciones pardas amarillentas con partes blanquecinas y una granulometría mayor que salinas 2 que va desde 0.032 mm hasta boloneria de 15 cm, 20cm, 30 cm de diámetro.
- ✓ Montoro: Claramente tiene un color pardo ocre oscuros con presencia de óxidos, y una granulometría más uniforme con un promedio de 0.2 mm de diámetro.
- ✓ Melva 20: Posee con una granulometría uniforme, con un 45-50 % de arcillas en su composición y es de un gris claro, son sectores pardos amarillentos.

© 2021 Global Journals

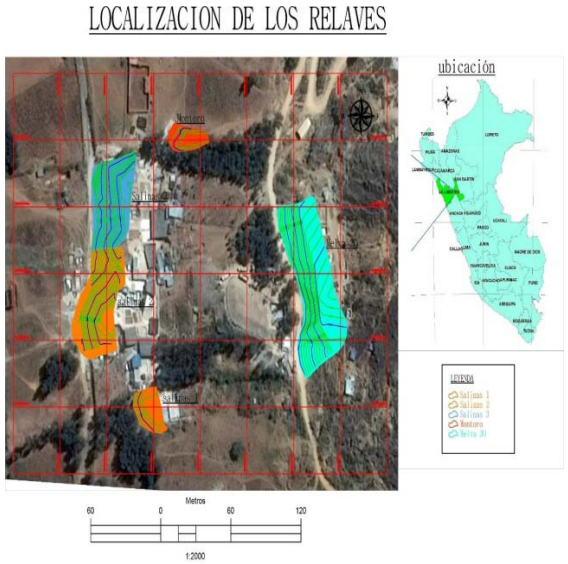

Fig. 4: Vista aérea de la zona de estudio

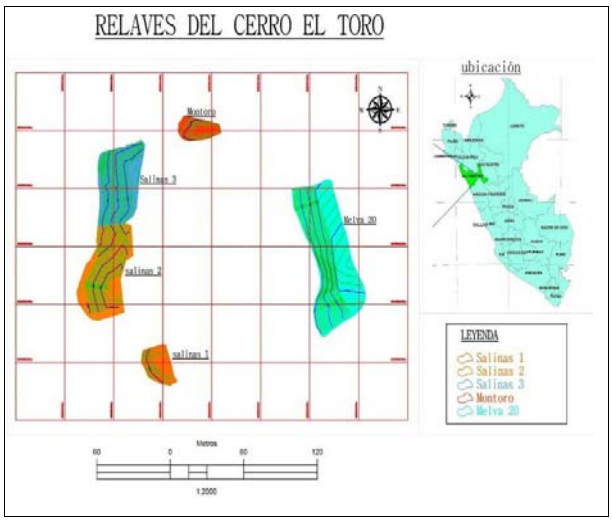

Fig. 5: Mapa de las relaveras a estudiar la identificación de las relaveras según Mallado geoquímico

iv. *Muestreo de las relaveras de explotación legal de la relavera "Cerro El Toro"*

Este método consiste en ubicar las muestras en un patrón regular en toda la zona de estudio; puede utilizarse a partir de un punto determinado al azar, a partir del cual se establece cierta distancia para ubicar los demás puntos (distancias uniformes entre sí). Este tipo de muestreo se realiza después de realizar la rejilla rectangular o polar de la relavera.

a. *Actividades del Muestreo*

Entre las actividades destacan:

- Localización Puntual de las relaveras de "Cerro El Toro": "Salinas 1", "Salinas 2", "Salinas 3", "Montoro" y "Melva 20".
- Delimitación de las áreas del muestreo de relaveras.
- Planteamiento del Tipo de Muestreo.
- Localización, Distribución y Número de Puntos de Muestreo.

A continuación, se detallan cada una de sus actividades:

b. *Localización Puntual de las relaveras de "Cerro El Toro"*

El muestreo se llevó acabó en la comunidad de Sausacocha, distrito de Huamachuco, ubicado con coordenadas UTM DATUM WGS84 tal como indica la siguiente imagen Satelital. Ver Figura Nº 6.

c. *Delimitación de las Áreas de Muestreo*

Se tomó como base la información que se conocía de la mala práctica del tratamiento de relaves en la zona por los mismos vecinos del lugar, del cual se tomó en consideración 3 relaveras que contienen mayor cantidad de material e impacto ambiental es mayor (Salinas, Montoro, Melva 20). Ver Figura Nº 7.



Fig. 6: Localización Geográfica de relaveras de Cerro El Toro de Huamachuco



Fig. 7: Delimitación de las áreas de muestreo de las relaveras de Cerro El Toro de Huamachuco

© 2021 Global Journals

d. *Muestreo Sistemático*

Este método consiste en ubicar las muestras en un patrón regular en toda la zona de estudio; puede utilizarse a partir de un punto determinado al azar, a partir del cual se establece cierta distancia para ubicar los demás puntos (distancias uniformes entre sí). Este tipo de muestreo se realiza después de realizar la rejilla rectangular o polar de la relavera.

e. *Localización, Distribución y Número de puntos de muestreo*

Con el muestreo sistemático en forma de rejilla polar, con una distancia de separación de cada muestra de 10 metros a los largo de toda la superficie de estudio, se recolectaron 73 muestras en los distintos relaves (Salinas, Montoro, Melva 20). Ver Figuras 8, 9, 10, 11, 12 y 13 y Tabla 3.



Fig. 8: Localización, Distribución y Número de Puntos de Muestreo de las relaveras de Cerro El Toro

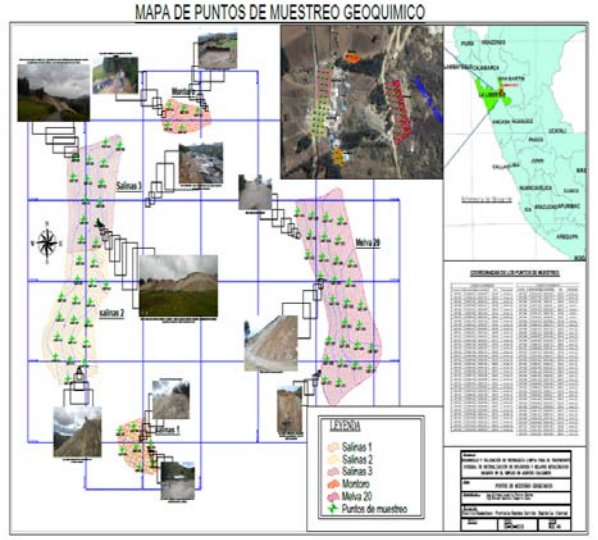

Fig. 9: Mapa de Puntos de Muestreo Geoquímico de las relaveras



Fig. 10, 11, 12 y 13: Ing. Zegarra realizando la identificación, delimitación y Muestreo sistemático de muestras de relave

© 2021 Global Journals

Tabla 3: Coordenadas UTM de los puntos de muestreo de la relavera de "Cerro El Toro"

CUADRO DE COORDENADAS				
Muestra ID	Norte(WGS84)	Este(WGS84)	Cota	Descripción
GMT-001	9133569.873	829246.879	3251.94	salinas_01
GMT-002	9133568.156	829237.027	3250.09	salinas_01
GMT-003	9133579.724	829245.162	3252.23	salinas_01
GMT-004	9133578.008	829235.311	3252.88	salinas_01
GMT-005	9133576.291	829225.459	3248.67	salinas_01
GMT-006	9133587.859	829233.594	3251.5	salinas_01
GMT-007	9133586.142	829223.742	3248.23	salinas_01
GMT-008	9133611.57	829187.708	3248.96	salinas_02
GMT-009	9133620.123	829198.97	3255.85	salinas_02
GMT-010	9133621.477	829189.063	3252.62	salinas_02
GMT-011	9133622.832	829179.155	3245.49	salinas_02
GMT-012	9133630.031	829200.325	3258.43	salinas_02
GMT-013	9133631.385	829190.417	3255.75	salinas_02
GMT-014	9133632.74	829180.509	3247.69	salinas_02
GMT-015	9133639.939	829201.679	3257.73	salinas_02
GMT-016	9133641.293	829191.771	3252.83	salinas_02
GMT-017	9133642.648	829181.864	3245.99	salinas_02
GMT-018	9133649.846	829203.056	3252.9	salinas_02
GMT-019	9133651.201	829193.126	3248.42	salinas_02
GMT-020	9133652.555	829183.218	3243.73	salinas_02
GMT-021	9133658.4	829214.296	3247.93	salinas_02
GMT-022	9133659.754	829204.388	3249.41	salinas_02
GMT-023	9133661.109	829194.48	3243.25	salinas_02
GMT-024	9133669.662	829205.743	3248.22	salinas_02
GMT-025	9133671.017	829195.835	3242.31	salinas_02
GMT-026	9133679.57	829207.097	3250.1	salinas_02
GMT-027	9133680.924	829197.189	3243.76	salinas_02
GMT-028	9133689.478	829208.452	3248.01	salinas_02
GMT-029	9133690.832	829198.544	3242.11	salinas_02
GMT-030	9133699.386	829209.806	3249.47	salinas_02
GMT-031	9133700.74	829199.898	3243.81	salinas_02
GMT-032	9133709.294	829211.161	3251.31	salinas_02
GMT-033	9133710.648	829201.253	3244.35	salinas_02
GMT-034	9133712.002	829191.345	3236.73	salinas_02
GMT-035	9133719.201	829212.515	3250.5	salinas_02
GMT-036	9133720.556	829202.607	3245.64	salinas_02
GMT-041	9133747.41	829258.185	3248.37	montoro
GMT-042	9133736.147	829266.738	3252.4	montoro
GMT-043	9133746.055	829268.093	3250.92	montoro

© 2021 Global Journals

Tabla 3: Coordenadas UTM de los puntos de muestreo de la relavera de "Cerro El Toro" (Continuación)

CUADRO DE COORDENADAS				
muestra ID	Norte(WGS84)	Este(WGS84)	Cota	Descripción
GMT-044	9133744.701	829278.001	3251.440	Montoro
GMT-045	9133694.931	829347.271	3275.780	melva_20
GMT-046	9133693.576	829357.178	3283.59	melva_20
GMT-047	9133692.222	829367.086	3290.93	melva_20
GMT-048	9133690.867	829376.994	3292.19	melva_20
GMT-049	9133683.669	829355.824	3280.78	melva_20
GMT-050	9133682.314	829365.732	3288.09	melva_20
GMT-051	9133680.960	829375.64	3293.12	melva_20
GMT-052	9133673.761	829354.469	3277.64	melva_20
GMT-053	9133672.406	829364.377	3285.25	melva_20
GMT-054	9133671.052	829374.285	3293.22	melva_20
GMT-055	9133669.697	829384.193	3295.42	melva_20
GMT-056	9133662.498	829363.023	3280.75	melva_20
GMT-057	9133661.144	829372.931	3289.53	melva_20
GMT-058	9133659.789	829382.839	3296.11	melva_20
GMT-059	9133651.236	829371.576	3286.67	melva_20
GMT-060	9133649.882	829381.484	3296.70	melva_20
GMT-061	9133648.527	829391.392	3298.12	melva_20
GMT-062	9133639.974	829380.13	3293.39	melva_20
GMT-063	9133638.619	829390.037	3296.75	melva_20
GMT-064	9133631.42	829368.867	3280.87	melva_20
GMT-065	9133630.066	829378.775	3291.5	melva_20
GMT-066	9133628.711	829388.683	3294.91	melva_20
GMT-067	9133627.357	829398.591	3294.77	melva_20
GMT-068	9133621.512	829367.513	3281.59	melva_20
GMT-069	9133620.158	829377.421	3286.78	melva_20
GMT-070	9133618.804	829387.328	3291.97	melva_20
GMT-071	9133617.449	829397.236	3293.6	melva_20
GMT-072	9133611.605	829366.158	3280.7	melva_20
GMT-073	9133610.25	829376.066	3285.07	melva_20

f. *Calculo de volumen de relaves*

En base a la toma de datos en campo (coordenadas UTM, cotas) con la ayuda del software AutoCAD civil 3D se estimó la cantidad de relave potencial para su respectivo tratamiento.

- ✓ Salinas 1: 1917.5 m^3
- ✓ Salinas 2 : 20331.48 m^3
- ✓ Salinas3 : 18375 m^3
- ✓ Montoro : 668.56 m^3
- ✓ Melva : 27945,5 m^3

g. *Estudio del Impacto Ambiental de las relaveras de explotación legal de la relavera "Cerro El Toro"*

No se realiza un adecuado manejo en la acumulación de los relaves, ya que estos no cuentan con un lugar adecuado y no reciben el tratamiento correcto para minimizar la contaminación tanto del acuífero subterráneo como superficial. Asimismo, cabe resaltar, que el impacto ambiental que causa la relavera de Cerro El Toro se ve reflejada en la calidad ambiental del relave de cianuración de la relavera en mención, y

© 2021 Global Journals

cuyo impacto se ve reflejado en la contaminación ambiental del suelo, el cual se demuestra por el resultado del ensaye químico de la técnica de caracterización geoquímica por ICP barrido del compósito de la relavera.

h. *Calidad ambiental de relave de cianuración*

Para determinar la calidad ambiental del relave de cianuración se procedió a someterlo al ensaye químico del Análisis Geoquímico por técnica ICP de Barrido de la muestras compósito de la relavera metalúrgica de cianuración de Cerro El Toro por los diferentes relaves de las concesiones de Salinas 1, Salinas 2, Salinas 3, Montoro y Melva, de tal manera que permite determinar el mayor número de elementos químicos que acompañan al relave de cianuración, aparte del oro. Ver Tabla 4.

Tabla 4: Resultado de análisis químico de compósito de relavera de "Cerro El Toro" por técnica ICP de Barrido

CÓDIGO CHP	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	ENSAYES QUÍMICOS						
37512	COD. MR-CT1	Ag (ppm)	Al (%)	As (ppm)	Ba (ppm)	Be (ppm)	Bi (ppm)	Ca (%)
		17	0.21	1062	79	2	44	0.79

Tabla 4: Resultado de análisis químico de compósito de relavera de "Cerro El Toro" por técnica ICP de Barrido

CÓDIGO CHP	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	ENSAYES QUÍMICOS						
37512	COD. MR-CT1	Cd (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	Cu (%)	Fe (%)	K (%)	Mg (%)
		< 2	< 1	42	0.01	3.52	0.04	0.04

Tabla 4: Resultado de análisis químico de compósito de relavera de "Cerro El Toro" por técnica ICP de Barrido

CÓDIGO CHP	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	ENSAYES QUÍMICOS						
37512	COD. MR-CT1	Mn (%)	Mo (ppm)	Na (%)	Ni (ppm)	P (ppm)	Pb (%)	Sb (ppm)
		0.01	< 5	0.01	3	92	0.01	539

Tabla 4: Resultado de análisis químico de compósito de relavera de "Cerro El Toro" por técnica ICP de Barrido

CÓDIGO CHP	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	ENSAYES QUÍMICOS						
37512	COD. MR-CT1	Sc (ppm)	Sn (ppm)	Sr (ppm)	Ti (%)	V (ppm)	W (ppm)	Y (ppm)
		3	< 5	22	< 0.01	5	< 1	1

Tabla 4: Resultado de análisis químico de compósito de relavera de "Cerro El Toro" por técnica ICP de Barrido

CÓDIGO CHP	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	ENSAYES QUÍMICOS		
37512	COD. MR-CT1	Zn (%)	Zr (ppm)	Au (Oz/TC)
		< 0.01	3	0.051

© 2021 Global Journals




Fig. 14 y 15: Vista de los relaves salinas 2 y 3 y la inadecuada ejecución de su almacenamiento




Fig. 16 y 17: Vista Lateral del proceso de beneficio de minerales auríferos oxidados por el método "VAT LEACHING"

IV. Discusión de Resultados

La discusión de resultados del estudio: Caracterización Geológica, Mapeo y Muestreo de la relavera de Cerro El Toro, región La Libertad-Perú se caracteriza por implementar las siguientes actividades y sub-actividades, cada una de las cuales se encuentran resumidas en la Tabla 5.

Tabla 5: Actividades y Sub-Actividades del Estudio

Actividades	Sub-Actividades
1.- Caracterización Geológica de las Relaveras de Cerro El Toro de Huamachuco	1.1. Determinación de las Generalidades de la Zona de Estudio tales como: Ubicación, Accesibilidad, Clima y Vegetación, Actividades Económicas.
	1.2. Estudio de la Geología Regional y Local del Yacimiento de origen de la relavera de "Cerro El Toro"
2.- Delimitación del Área de Influencia Ambiental de las relaveras de explotación legal de "Cerro El Toro"	2.1. Reconocimiento de las relaveras legales de la relavera de "Cerro El Toro"
	2.2. Localización de las relaveras legales de la relavera de "Cerro El Toro"
3.- Mapeo de las relaveras de explotación legal de "Cerro El Toro"	3.1. Delimitación física y virtual de las relaveras de "Cerro El Toro" para determinar su potencial y volumen de explotación.
	3.2. Análisis de los estudios de la Geología, tales como: Geomorfología, Litoestratigrafía y la Caracterización Mineralógica de los depósitos de mineral antes de ser beneficiados metalúrgicamente y luego convertidos en relaves de "Cerro El Toro"
	3.3. Ubicación Geológica y Determinación de las relaveras: "Salinas 1", "Salinas 2", "Salinas 3", "Montoro" y "Melva 20" que forman parte de la relavera de "Cerro El Toro"

© 2021 Global Journals

	3.4. Caracterización por controles litológicos y estructurales de las relaveras de "Cerro El Toro": "Salinas 1", "Salinas 2", "Salinas 3", "Montoro" y "Melva 20"
4.- Muestreo de las relaveras de Explotación Legal de "Cerro El Toro"	4.1. Localización Puntual de las relaveras de "Cerro El Toro": "Salinas 1", "Salinas 2", "Salinas 3", "Montoro" y "Melva 20"
	4.2. Delimitación de las áreas del muestreo de las relaveras.
	4.3. Planteamiento del Tipo de Muestreo
	4.4. Implementación del Muestreo Sistemático
	4.5. Localización, Distribución y Número de Puntos de Muestreo.
5.- Cálculo del Volumen de relaves de "Cerro El Toro"	5.1. Determinación del volumen de los relaves de explotación legal de la relavera de "Cerro El Toro" teniendo en consideración la toma de datos en campo (Coordenadas UTM, cotas) con la ayuda del software AUTOCAD civil 3D se estimó la cantidad de relave potencial para su respectivo tratamiento.
6.- Estudio del Impacto Ambiental de las Relaveras de Explotación de "Cerro El Toro"	6.1. Determinación de la Calidad Ambiental de las relaveras de cianuración: "Salinas 1", "Salinas 2", "Salinas 3", "Montoro" y "Melva 20" de la gran relavera de "Cerro El Toro" que afectan la calidad ambiental del suelo.
	6.2. Caracterización Química Inicial de los relaves metalúrgicos de cianuración de las relaveras: "Salinas 1", "Salinas 2", "Salinas 3", "Montoro" y "Melva 20" de la gran relavera de "Cerro El Toro" por la Técnica ICP de Barrido

Fuente: Elaboración Propia

V. Conclusiones

Es importante realizar la caracterización geológica, mapeo y muestreo de la relavera de cerro el toro del distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, región La Libertad-Perú, puesto que permite tener una Línea Base de la Calidad Ambiental del suelo según ECA SUELO y la metodología de Plan de Descontaminación del Suelo del MINAM, todo lo cual conllevará a conocer como ocurre la contaminación ambiental química de una relavera principalmente ocurre como la movilización de metales pesados semejante a la alteración o desgaste debido a los procesos atmosféricos de materiales inorgánicos sólidos bajo condiciones exogénicas, principalmente por la interacción de relave con la cuenca de los ríos, establece una interrelación Agua- Sedimento y/o relave, que promueve la contaminación por sólidos y efluentes de las relaveras, todo lo cual a su vez conllevará a emplear la metodología del Plan de Descontaminación de Suelos para promover la remediación de los pasivos ambientales mineros ó mitigar hasta reducir el volumen de las relaveras que conforman la relavera de "Cerro El Toro", puesto que causan la contaminación del suelo y de cuerpos de agua de la cuenca de los ríos aledaños, debido a la existencia de drenaje de la relavera que se determina por la variación de pH de la escorrentía superficial proveniente de éstos relaves, cuyo pH da un valor casi neutro, lo cual no indica que no exista movilidad de los metales pesados en el cuerpo de agua de los ríos.

Por su parte, es importante señalar que se debe caracterizar y establecer procesos capaces de inmovilizar metales pesados de relaves y desechos de mina abandonados, los cuales no sólo dependen de la física y química de los cuerpos hídricos, sino también y principalmente sobre la mineralogía de los cuerpos de la mena y rocas que lo hospedan, de tal manera que los efectos de contaminación son mejor descritos cuando cada elemento tóxico puede ser referido a fases mineralógicas específicas.

Agradecimientos

El estudio como componente importante del Proyecto: *"DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UNA TECNOLOGÍA LIMPIA PARA EL TRATAMIENTO INTEGRAL DE NEUTRALIZACIÓN DE EFLUENTES Y RELAVES METALÚRGICOS BASADOS EN EL EMPLEO DE AGENTES CALCÁREOS"* fue Co-Financiado por el Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad- PNCIP del Ministerio de Producción bajo la modalidad de un Fondo Concursable PIMEN del Fondo FIDECOM.

Referencias Bibliogràficas

1. Flores S. (2019), Tesis: "Metodología de tratamiento de remediación de Pasivos Ambientales Mineros de "Cerro El Toro de Huamachuco" basado en Tecnologías Limpias Para el Desarrollo Sostenible". Tesis para obtener grado de Magíster con mención en Metalurgia Extractiva. UNMSM.
2. Flores, S. (2018). Libro: Remediación de pasivos ambientales mineros de Cerro El Toro de Huamachuco basado en Tecnologías limpias para el desarrollo sostenible. Lima: Cesar Vallejo.
3. Flores S., Zegarra E., (2016). "Contaminación del Medio Ambiente por efluentes y relaves mineros-metalúrgicos y sus tratamientos de detoxificación con agentes remediantes".

© 2021 Global Journals

4. Flores S., Zegarra E. (2017). "Innovaciones Tecnológicas Implementadas por "Green Metallurgy Technologies S.R.L. para la Producción Limpia de Oro". Publicado en revista: mundo minero.
5. Flores S. (2014). "Estudios Geometalúrgicos Auríferos para la Producción de Oro". Publicado en Revista: "MUNDO MINERO". AÑO XXXIV N° 308. Lima.

© 2021 Global Journals