

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

Dra. Dominga Micaela Cano Ccoa

*Received: 13 February 2021 Accepted: 1 March 2021 Published: 15 March 2021*

---

## 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<sup>3</sup>, Salinas 2 : 20331.48 m<sup>3</sup>, Salinas 3 : 18375 m<sup>3</sup> , Montoro: 668.56 m<sup>3</sup> y Melva: 27945,5 m<sup>3</sup>; 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.

---

**Index terms**— geological characterization, mapping, sampling, tailing pond, cyanidation tail, cerro el toro. 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<sup>3</sup> , Salinas 2: 20331.48 m<sup>3</sup> , Salinas 3: 18375 m<sup>3</sup> , Montoro: 668.56 m<sup>3</sup> y Melva: 27945,5 m<sup>3</sup> ; 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

46 73 sampling points, grouped according to the relationships: Salinas 1, Salinas 2, Salinas 3, Montoro and Melva,  
47 whose volume has been determined through the software AutoCAD Civil which has determined that tailings have  
48 the following volume: Salinas 1: 1917.5 m<sup>3</sup>, Salinas 2 : 20331.48 m<sup>3</sup>, Salinas 3 : 18375 m<sup>3</sup>, Montoro: 668.56  
49 m<sup>3</sup> y Melva : 27945,5 m<sup>3</sup>; whose volume allowed the obtention of a representative sample of the tailing for  
50 been studied of their "Environmental Quality of tailing" which gives through the geochemical characterization  
51 analysis with the purpose of determining the "Real Impact" of the pollution of tailing in the mining communities  
52 of Shiracmaca and Coigobamba.

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

## 54 1 I.

## 55 2 Introducción

56 l Estudio: Caracterización Geológica, mapeo y muestreo de la relavera de Cerro El Toro, Región La Libertad" se  
57 basa en un estudio inicial perteneciente al Hito 1, referente al Informe Técnico de Caracterización Físicoquímica  
58 del relave y efluentes metalúrgicos del Proyecto: "Desarrollo y Validación de Tecnología Limpia para el  
59 Tratamiento Integral de Neutralización de efluentes y relaves metalúrgicos basados en el empleo de agentes  
60 calcáreos", el cual fue un Proyecto que concuro a nivel nacional por la Empresa: Green Metallurgy Technologies  
61 S.R.L, en el rubro de Proyecto de Innovación Productiva del Fondo FIDECOM que pertenece al Programa de  
62 Ciencia y Tecnología -FINCyT, el cual fue un Proyecto Ganador a Nivel Nacional que fue financiado por el  
63 Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad-PNCIP del Ministerio de Producción,  
64 en mérito a su Impacto Ambiental y al Carácter de Innovación Productivo que planteaba la implementación de  
65 dicho proyecto. Asimismo, cabe resaltar, que dicho Proyecto recibió la Asesoría Técnica del Staff de Ingenieros  
66 de la referida Empresa Peruana de Base Tecnológica bajo la modalidad de Auspicio y Patrocinio, puesto que  
67 la Empresa Consultora de Proyectos Geológico-Minero-Metalúrgicos-Ambientales de Impacto Social se dedicada  
68 a la exploración, explotación y beneficio de minerales, relaves por procesos de Concentración Gravimétrica,  
69 Cianuración, Flotación para minerales oxidados y sulfurados, respectivamente con un enfoque de Innovaciones  
70 Tecnológicas para la producción limpia de minerales y relaves valiosos.

## 71 3 II.

## 72 4 Justificación

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

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

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

87 -Una intervención efectiva en función de la dinámica natural del proyecto sobre los hábitats y ecosistema.  
88 -Restricción de uso u ocupación de suelos y -Afectación de la dinámica poblacional Estas características estarán  
89 delimitadas por factores ambientales representativos como: hidrológico, la predominancia del viento en el ámbito  
90 local (dirección) y fisiográfico o relieve del lugar a desarrollar el proyecto. La extensión del AID del proyecto es  
91 de 10 Hectáreas, como se muestra en la tabla 1.

## 92 5 Materiales y Métodos

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

97 Cabe resaltar, que la metodología también se baso en la Metodología empleada por la "GUÍA PARA LA  
98 ELABORACIÓN DE PLANES DE DESCONTAMINACIÓN DE SUELOS" en el Marco del Decreto Supremo  
99 N° 002-2013-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo que fue elaborado  
100 por la Dirección General de Calidad Ambiental del Vice Ministerio de Gestión Ambiental del Ministerio del  
101 Ambiente, puesto que se considero que la Información de la Calidad Ambiental del Suelo afectado por los relaves  
102 metalúrgicos de cianuración de las relaveras de "Cerro El Toro" constituye una línea base para la elaboración de un

103 Plan de Descontaminación de Suelos, que se deriva en general de la evidencia que los relaves son fuente potencial  
104 de contaminación de suelo, cuyos valores de parámetros inorgánicos, supera los ECA para suelo, conforme lo  
105 establece el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM; siendo necesario para determinar esta condición el desarrollo  
106 de la evaluación preliminar del sitio y del muestreo de identificación en las áreas de potencial interés, tal como la  
107 relavera mencionada. En relación a ello, la Metodología planteada por un Plan de Descontaminación de Suelos  
108 según el MINAM, se basa en reducir la concentración de los valores de los Parámetros Inorgánicos de los ECA para  
109 suelo, para la actividad de beneficio minerometalúrgico aurífera informal que genera riesgos de contaminación del  
110 suelo en su emplazamiento y áreas de influencia que posee 3 fases claramente diferenciadas según sus objetivos, los  
111 cuales son: a) Fase de identificación (Previo a la elaboración del PDS), b) Fase de caracterización (Elaboración  
112 del PDS) y c) Fase de remediación (Posterior al PDS).

## 113 **6 a) Actividades de la Metodología de la Caracterización ge- 114 ológica, Mapeo y Muestreo de la relavera de Cerro El Toro**

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

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

124 A continuación se detallan cada una de las actividades mencionadas anteriormente: i. Caracterización  
125 Geológica de la relavera de "Cerro El Toro" La zona de interés se ubica en el cerro el Toro, distrito de Huamachuco,  
126 Provincia de Sánchez Carrión, en el departamento de La Libertad, geográficamente la zona del proyecto pertenece  
127 a la flanco oriental de la Cordillera Occidental.

128 El acceso a la zona de estudio desde la ciudad de Trujillo, capital del departamento de La Libertad, se realiza  
129 por vía terrestre a través de la ruta Trujillo -Shiran -Dv. Otuzco -Shorey -Quiruvilca -Huamachuco, recorriendo  
130 una longitud de 181 km de carretera asfaltada, una vez en Huamachuco se realiza un recorrido de 2.8 km de  
131 carretera afirmada hasta la zona de estudio. ii. Delimitación del área de Influencia Ambiental de las relaveras de  
132 explotación legal de la relavera "Cerro El Toro" La delimitación del área de influencia ambiental de las relaveras de  
133 explotación legal de la relavera "Cerro El Toro" involucra a su vez las actividades de reconocimiento y localización  
134 de las relaveras legales de la relavera de "Cerro El Toro".

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

## 139 **7 iii. Mapeo de las relaveras**

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

142 A continuación, se citan las principales relaveras que pertenecen a "Cerro El Toro": ? Salinas 1: Se reconoce  
143 la presencia de sulfuros (pirita, calcopirita) con poca presencia de óxidos, cuenta con una granulometría fina a  
144 media con un buen porcentaje de arcillas. ? Salinas 2: Presenta una tonalidad pardo ocre claro, por la presencia  
145 de óxidos e hidróxidos de hierro (limonitas y hematitas), a su vez también presenta una zona más blanquecinas  
146 con un 40% de arcillas. En esta zona se encuentra con una granulometría de material fino que va desde 0.032  
147 mm hasta bolones de 5 cm de diámetro ? Salinas 3: Se caracteriza por tener coloraciones pardas amarillentas  
148 con partes blanquecinas y una granulometría mayor que salinas 2 que va desde 0.032 mm hasta bolonería de  
149 15 cm, 20cm, 30 cm de diámetro. ? Montoro: Claramente tiene un color pardo ocre oscuros con presencia de  
150 óxidos, y una granulometría más uniforme con un promedio de 0.2 mm de diámetro. ? Melva 20: Posee con una  
151 granulometría uniforme, con un 45-50 % de arcillas en su composición y es de un gris claro, son sectores pardos  
152 amarillentos.

153 Fig. ???: Vista aérea de la zona de estudio Fig. 5: Mapa de las relaveras a estudiar la identificación de las  
154 relaveras según Mallado geoquímico iv. Muestreo de las relaveras de explotación legal de la relavera "Cerro  
155 El Toro" Este método consiste en ubicar las muestras en un patrón regular en toda la zona de estudio; puede  
156 utilizarse a partir de un punto determinado al azar, a partir del cual se establece cierta distancia para ubicar  
157 los demás puntos (distancias uniformes entre sí). Este tipo de muestreo se realiza después de realizar la rejilla  
158 rectangular o polar de la relavera.

## 159 **8 a. Actividades del Muestreo**

160 Entre las actividades destacan:

161 -Localización Puntual de las relaveras de "Cerro El  
162 Toro": "Salinas 1", "Salinas 2", "Salinas 3", "Montoro" y "Melva 20". -Delimitación de las áreas del muestreo  
163 de relaveras. -Planteamiento del Tipo de Muestreo.  
164 -Localización, Distribución y Número de Puntos de Muestreo.  
165 A continuación, se detallan cada una de sus actividades:

### 166 **9 b. Localización Puntual de las relaveras de "Cerro El**

167 Toro" El muestreo se llevó a cabo en la comunidad de Sausacochoa, distrito de Huamachuco, ubicado con  
168 coordenadas UTM DATUM WGS84 tal como indica la siguiente imagen Satelital. Ver Figura N° 6.

### 169 **10 c. Delimitación de las Áreas de Muestreo**

170 Se tomó como base la información que se conocía de la mala práctica del tratamiento de relaves en la zona por  
171 los mismos vecinos del lugar, del cual se tomó en consideración 3 relaveras que contienen mayor cantidad de  
172 material e impacto ambiental es mayor (Salinas, Montoro, Melva 20). Ver Figura N° 7. Muestreo Sistemático  
173 Este método consiste en ubicar las muestras en un patrón regular en toda la zona de estudio; puede utilizarse  
174 a partir de un punto determinado al azar, a partir del cual se establece cierta distancia para ubicar los demás  
175 puntos (distancias uniformes entre sí). Este tipo de muestreo se realiza después de realizar la rejilla rectangular  
176 o polar de la relavera.

177 e. Localización, Distribución y Número de puntos de muestreo Con el muestreo sistemático en forma de rejilla  
178 polar, con una distancia de separación de cada muestra de 10 metros a lo largo de toda la superficie de estudio,  
179 se recolectaron 73 muestras en los distintos relaves (Salinas, Montoro, Melva 20). Ver Figuras 8, 9, 10, 11, 12 y 13  
180 y Tabla 3. f. Cálculo de volumen de relaves En base a la toma de datos en campo (coordenadas UTM, cotas) con  
181 la ayuda del software AutoCAD civil 3D se estimó la cantidad de relave potencial para su respectivo tratamiento.  
182 ? Salinas 1: 1917.5 m<sup>3</sup> ? Salinas 2 : 20331.48 m<sup>3</sup> ? Salinas3 : 18375 m<sup>3</sup> ? Montoro : 668.56 m<sup>3</sup> ? Melva  
183 : 27945,5 m<sup>3</sup> g. Estudio del Impacto Ambiental de las relaveras de explotación legal de la relavera "Cerro El  
184 Toro" No se realiza un adecuado manejo en la acumulación de los relaves, ya que estos no cuentan con un lugar  
185 adecuado y no reciben el tratamiento correcto para minimizar la contaminación tanto del acuífero subterráneo  
186 como superficial. Asimismo, cabe resaltar, que el impacto ambiental que causa la relavera de Cerro El Toro se  
187 ve reflejada en la calidad ambiental del relave de cianuración de la relavera en mención, y cuyo impacto se ve  
188 reflejado en la contaminación ambiental del suelo, el cual se demuestra por el resultado del ensayo químico de la  
189 técnica de caracterización geoquímica por ICP barrido del compuesto de la relavera.

### 190 **11 h. Calidad ambiental de relave de cianuración**

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

196 Tabla 4: Resultado de análisis químico de compuesto de relavera de "Cerro El Toro" por técnica ICP de Barrido  
197 IV.

## 198 **12 Discusión de Resultados**

199 La discusión de resultados del estudio: Caracterización Geológica, Mapeo y Muestreo de la relavera de Cerro  
200 El Toro, región La Libertad-Perú se caracteriza por implementar las siguientes actividades y sub-actividades,  
201 cada una de las cuales se encuentran resumidas en la Tabla 5. 1.2. Estudio de la Geología Regional y Local del  
202 Yacimiento de origen de la relavera de "Cerro El Toro"

203 2.-Delimitación del Área de Influencia Ambiental de las relaveras de explotación legal de "Cerro El Toro" 2.1.  
204 Reconocimiento de las relaveras la relavera de "Cerro El Toro" 2.2. Localización de las relaveras legales de la  
205 relavera de "Cerro El Toro"

206 3.-Mapeo de las relaveras de explotación legal de "Cerro El Toro" 3.1. Delimitación física y virtual de las  
207 relaveras de "Cerro El Toro" para determinar su potencial y volumen de explotación. 3.2. Análisis de los  
208 estudios de la Geología, tales como: Geomorfología, Litoestratigrafía y la Caracterización Mineralógica de los  
209 depósitos de mineral antes de ser beneficiados metalúrgicamente y luego convertidos en relaves de "Cerro El Toro"  
210 3.3. Ubicación Geológica y Determinación de las relaveras: "Salinas 1", "Salinas 2", "Salinas 3", "Montoro" y  
211 "Melva 20" que forman parte de la relavera de "Cerro El Toro"

212 © 2021 Global Journals

213 Volume XXI Issue IX Version I 52 ( H )

214 3.4. Caracterización por controles litológicos y estructurales de las relaveras de "Cerro El Toro": "Salinas 1",  
215 "Salinas 2", "Salinas 3", "Montoro" y "Melva 20"

216 4.-Muestreo de las relaveras de Explotación Legal de "Cerro El Toro" 4.1. Localización Puntual de las relaveras  
217 de "Cerro El Toro": "Salinas 1", "Salinas 2", "Salinas 3", "Montoro" y "Melva 20" 4.2. Delimitación de las áreas  
218 del muestreo de las relaveras. 5.-Cálculo del Volumen de relaves de "Cerro El Toro" 5.1. Determinación del

---

219 volumen de los relaves de explotación legal de la relavera de "Cerro El Toro" teniendo en consideración la toma  
220 de datos en campo (Coordenadas UTM, cotas) con la ayuda del software AUTOCAD civil 3D se estimó la  
221 cantidad de relave potencial para su respectivo tratamiento.

222 6.-Estudio del Impacto Ambiental de las Relaveras de Explotación de "Cerro El Toro" 6.1. Determinación de la  
223 Calidad Ambiental de las relaveras de cianuración: "Salinas 1", "Salinas 2", "Salinas 3", "Montoro" y "Melva 20"  
224 de la gran relavera de "Cerro El Toro" que afectan la calidad ambiental del suelo. 6.2. Caracterización Química  
225 Inicial de los relaves metalúrgicos de cianuración de las relaveras: "Salinas 1", "Salinas 2", "Salinas 3", "Montoro"  
226 y "Melva 20" de la gran relavera de "Cerro El Toro" por la Técnica ICP de Barrido Fuente: Elaboración Propia  
227 V.

## 228 **13 Conclusiones**

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

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

## 248 **14 Agradecimientos**

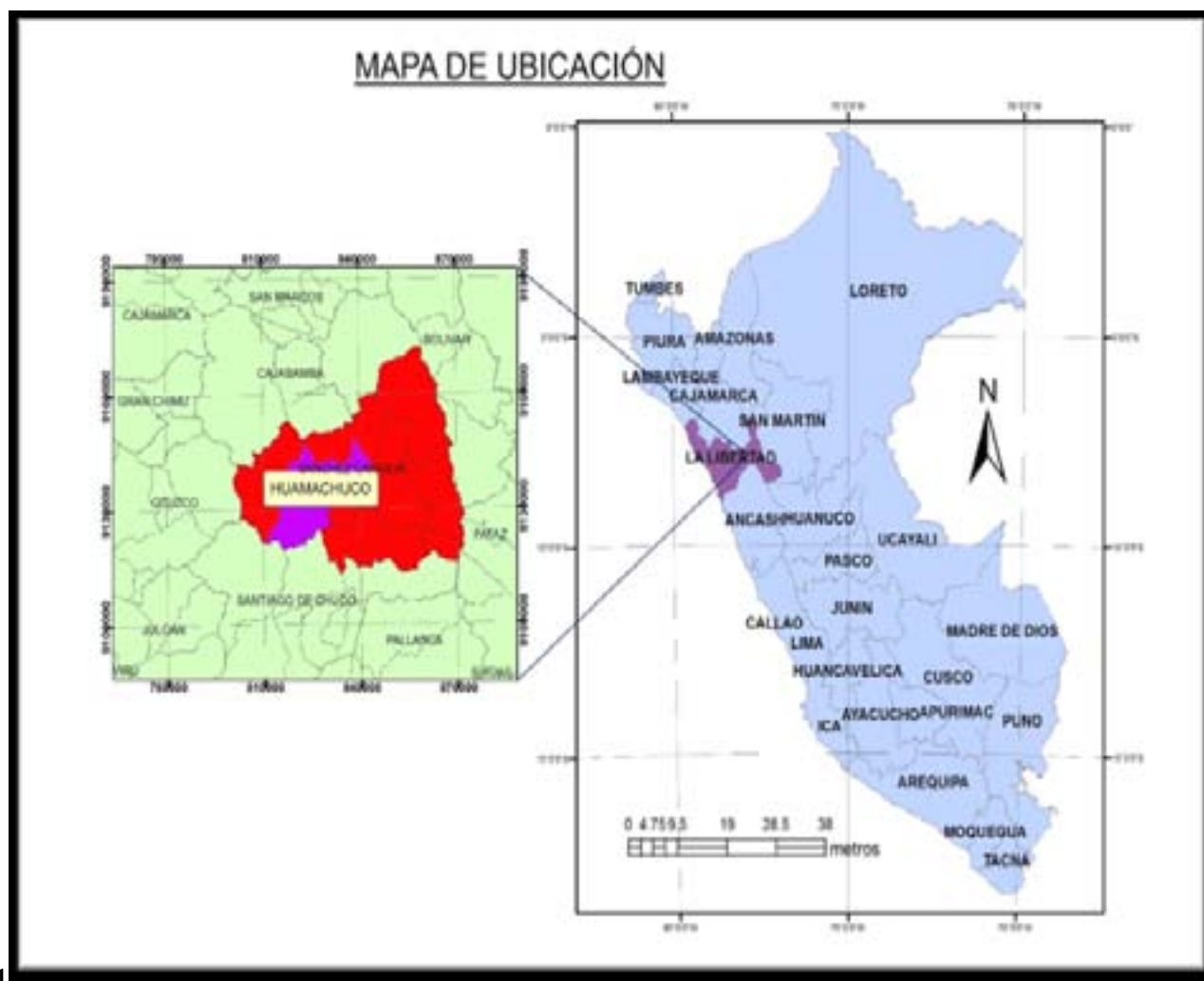


Figure 1: Fig. 1 :



3

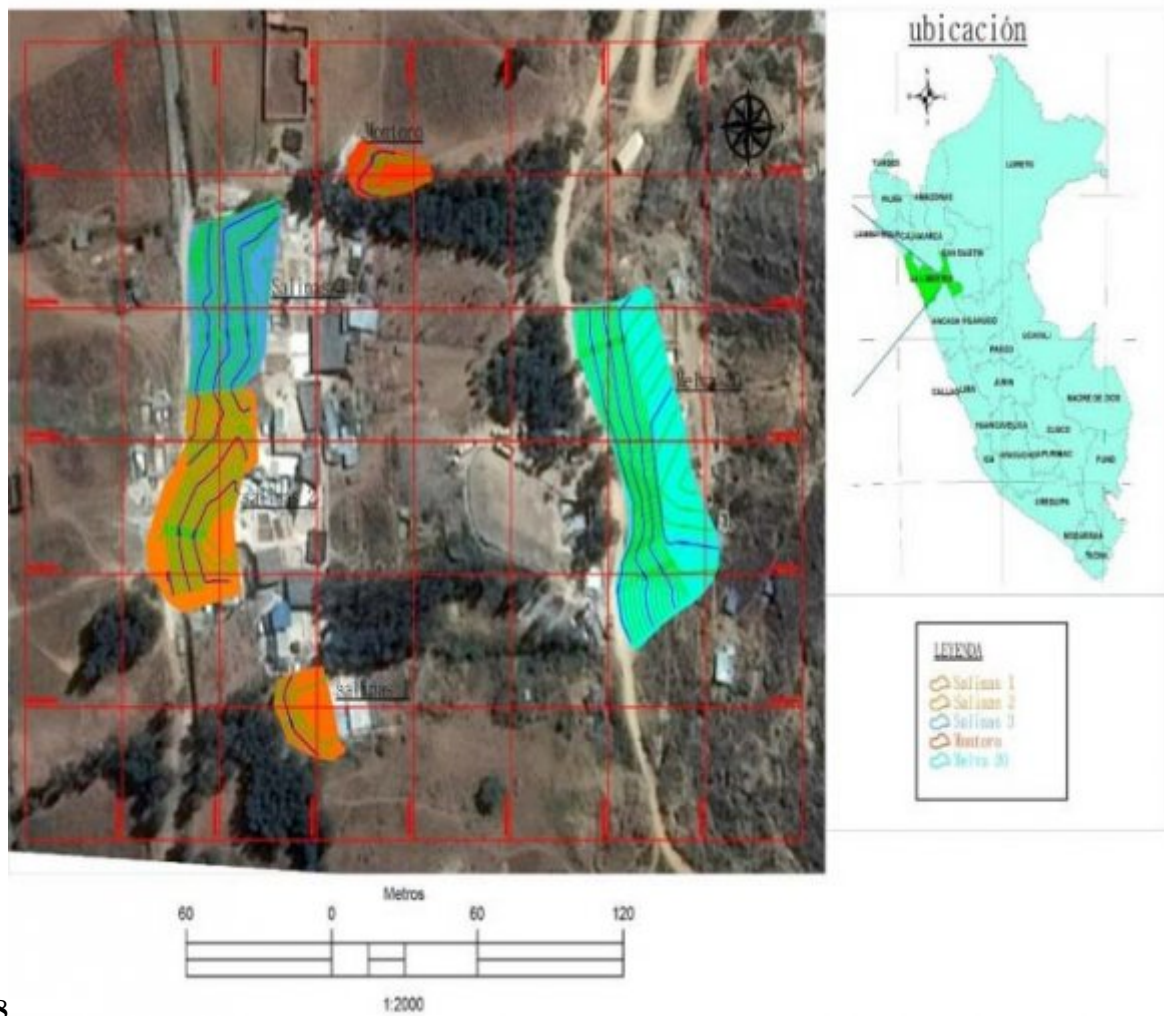
Figure 2: Fig. 3 :

SISTEMA	SERIE	ROCAS INTRUSIVAS	ESTRATIGRAFIA	Espesor	Rocas Sedimentarias Volcánicas y Metamórficas	Yacimientos y Metalotectos
CUATERNARIO	Reciente		Depositos aluviales Depositos fluviales	0-140 m		
TERCIARIO	Plioceno	Batolito de la Cordillera Blanca	Formación Pliocénica	50-100 m	Igimbritas de tufo de pómez y liltos	Pasto Bueno, Tamboras, Mundo Nuevo, La Victoria
	Mioceno		Grupo Calipuy Superior	> 1000 m	Tobas ácidas a intermedias intercalaciones de lavas	Veta Salpo, Quiruvica Machacala, Urumalqui Yanacocha, Tres Cruces
	Eoceno		Grupo Calipuy Inferior		Lavas intermedias a ácidas intercalaciones de tobas	Veta Miluchaqui
	Plioceno					
CRETACEO	Superior	Batolito de la Costa				
	Medio		Grupo Casma	Fm. Paratambo 150-200 m	Lavas andesíticas y volcanocénicas Calizas, liltos y areniscas calcáreas	
			Fm. Chulec 200-250 m			
	Inferior		Grupo Gollayrisquizga	Fm. Farat 500 m	Cuarzitas arenosas blancas con intercalaciones de liltos	Shahundo, Sayapulo, Igr
				Fm. Cahuz 500 m	Cuarzitas arenosas rojizas grises, areniscas y limolitas grises	
		Fm. Santa 100-150 m		Calizas oscuras, limolitas		
		Fm. Qimú 80-600 m	Cuarzitas arenosas blancas, areniscas y limolitas	La Virgen, La Arena, Alto Chicama, Comana		
JURASICO	Superior		Formación Chicama	800 - 1000 m	Liltos friables, limoargilitas, pizamas y areniscas.	

6

Figure 3: Fig. 6 :

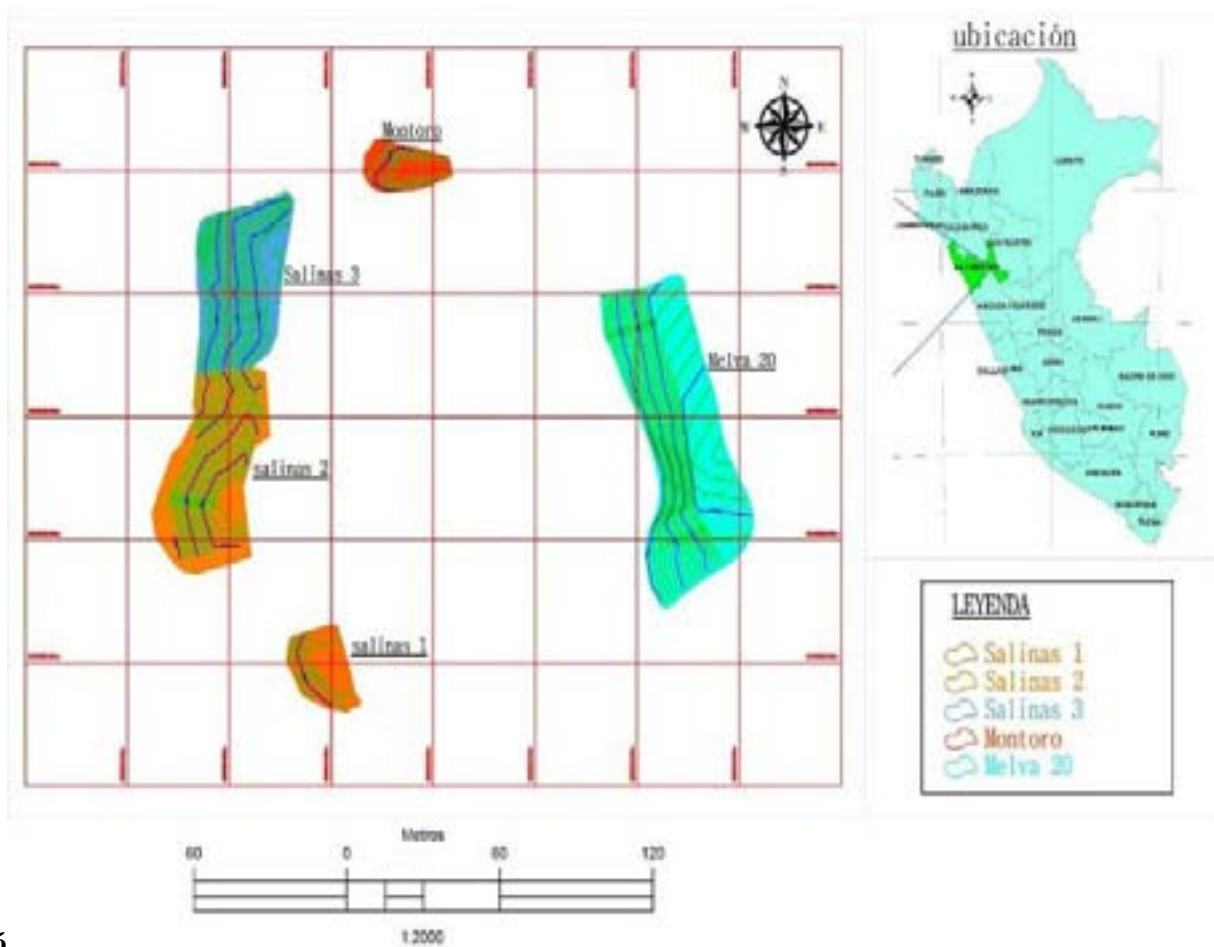
## LOCALIZACION DE LOS RELAVES



8

Figure 4: Fig. 8 :

## RELAVES DEL CERRO EL TORO



15

Figure 5: Fig. 14 y 15 :



Figure 6: Tabla 5 :



Figure 7: 4. 3 .

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

CUADRO DE COORDENADAS		CUADRO DE COORDENADAS		Cota	Descripción
Muestra	ID Norte(WGS84)	Este(WGS84)	muestra		
GMT-001	9133569.873	829246.879		3251.94	salinas_0
GMT-044	9133744.701	829278.001		3251.440	
GMT-002	9133568.156	829237.027		3250.09	salinas_0
GMT-045	9133694.931	829347.271		3275.780	
GMT-003	9133579.724	829245.162		3252.23	salinas_0
GMT-004	9133578.008	829235.311		3252.88	melva_20
GMT-046	9133693.576	829357.178		3283.59	
GMT-005	9133576.291	829225.459		3248.67	salinas_0
GMT-047	9133692.222	829367.086		3290.93	
GMT-006	9133587.859	829233.594		3251.5	salinas_0
GMT-048	9133690.867	829376.994		3292.19	
GMT-007	9133586.142	829223.742		3248.23	salinas_0
GMT-049	9133683.669	829355.824		3280.78	
GMT-008	9133611.57	829187.708		3248.96	salinas_0
GMT-050	9133682.314	829365.732		3288.09	
GMT-009	9133620.123	829198.97		3255.85	salinas_0
GMT-051	9133680.960	829375.64		3293.12	
GMT-010	9133621.477	829189.063		3252.62	salinas_0
GMT-052	9133673.761	829354.469		3277.64	
GMT-011	9133622.832	829179.155		3245.49	salinas_0
GMT-012	9133630.031	829200.325		3258.43	salinas_0
GMT-053	9133672.406	829364.377		3285.25	melva_20
GMT-013	9133631.385	829190.417		3255.75	
GMT-054	9133671.052	829374.285		3293.22	
GMT-014	9133632.74	829180.509		3247.69	salinas_0
GMT-055	9133669.697	829384.193		3295.42	
GMT-015	9133639.939	829201.679		3257.73	salinas_0
GMT-056	9133662.498	829363.023		3280.75	
GMT-016	9133641.293	829191.771		3252.83	salinas_0
GMT-057	9133661.144	829372.931		3289.53	
GMT-017	9133642.648	829181.864		3245.99	salinas_0
GMT-058	9133659.789	829382.839		3296.11	
GMT-018	9133649.846	829203.056		3252.9	salinas_0
GMT-059	9133651.236	829371.576		3286.67	
GMT-019	9133651.201	829193.126		3248.42	salinas_0
GMT-060	9133649.882	829381.484		3296.70	
GMT-020	9133652.555	829183.218		3243.73	salinas_0
GMT-021	9133658.4	829214.296		3247.93	salinas_0
GMT-061	9133648.527	829391.392		3298.12	melva_20
GMT-022	9133659.754	829204.388		3249.41	
GMT-062	9133639.974	829380.13		3293.39	
GMT-023	9133661.109	829194.48		3243.25	salinas_0
GMT-063	9133638.619	829390.037		3296.75	
GMT-024	9133669.662	829205.743		3248.22	salinas_0
GMT-064	9133631.42	829368.867		3280.87	
GMT-025	9133671.017	829195.835		3242.31	salinas_0
GMT-065	9133630.066	829378.775		3291.5	
GMT-026	9133679.57	829207.097		3250.1	salinas_0
GMT-066	9133628.711	829388.683	13	3294.91	
GMT-027	9133680.924	829197.189		3243.76	salinas_0
GMT-067	9133627.357	829398.591		3294.77	
GMT-028	9133628.479	829208.459		3243.21	salinas_0

CÁ?"DIGO CHP	DESCRIPCIÃ?"N DE LA MUESTRA	ENSAYES C
37512	COD. MR-CT1	As (ppm) 1062
	Ag Al (ppm)(%)	
	17 0.21	

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

CÁ?"DIGO CHP	DESCRIPCIÃ?"N DE LA MUESTRA	ENSAYES C
37512	COD. MR-CT1	Cd Co (ppm)(ppm) < 1 2

Tabla 4: CÁ?"DIGO CHP DESCRIPCIÃ?"N DE LA MUESTRA ENSAYES C

CÁ?"DIGO CHP	DESCRIPCIÃ?"N DE LA MUESTRA	ENSAYES C
37512	COD. MR-CT1	Mn Mo (%) (ppm) 0.01 < 5 Na (%) 0.01

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

CÁ?"DIGO CHP	DESCRIPCIÃ?"N DE LA MUESTRA	ENSAYES C
37512	COD. MR-CT1	Sc Sn (ppm)(ppm) 3 < 5 Sr (ppm) 22

Tabla 4: Resultado de análisis químico de compósito de relavera de "Cerro El Toro" por técnica ICP de Bar  
CÁ?"DIGO CHP DESCRIPCIÃ?"N DE LA MUESTRA ENSAYES C

Figure 9:

El estudio como componente importante del Proyecto: "DESARROLLO Y VALIDACIÃ?"N DE UNA TECNOLOGÍA LIMPIA PARA EL TRATAMIENTO INTEGRAL DE NEUTRALIZACIÃ?"N DE EFLUENTES Y RELAVES EMPLEO DE AGENTES CALCÁREOS" fue Co-

METABÁRIBOS

Figure 10:

- 
- 249 [Flores ()] ‘Cerro El Toro de Huamachuco’ basado en Tecnologías Limpias Para el Desarrollo Sostenible’. S Flores  
250 . Tesis para obtener grado de Magíster con mención en Metalurgia Extractiva. UNMSM 2019. (Metodología  
251 de tratamiento de remediación de Pasivos Ambientales Mineros de)
- 252 [Flores ()] ‘Estudios Geometalúrgicos Auríferos para la Producción de Oro’. S Flores . *MUNDO MINERO*”. AÑO  
253 *XXXIV N° 308*, (Lima) 2014. (Publicado en Revista)
- 254 [Flores and Zegarra ()] S Flores , E Zegarra . *Contaminación del Medio Ambiente por efluentes y relaves*  
255 *minerosmetalúrgicos y sus tratamientos de detoxificación con agentes remedianes*, 2016.
- 256 [Flores and Zegarra ()] *Innovaciones Tecnológicas Implementadas por "Green Metallurgy Technologies S.R.L.*  
257 *para la Producción Limpia de Oro*, S Flores , E Zegarra . 2017. (Publicado en revista: mundo minero)
- 258 [Flores ()] *Libro: Remediación de pasivos ambientales mineros de Cerro El Toro de Huamachuco basado en*  
259 *Tecnologías limpias para el desarrollo sostenible*, S Flores . 2018. Lima: Cesar Vallejo.