UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"PREDOMINANCIA DE LA VEGETACIÓN ACUMULADORA DE METALES PESADOS ASOCIADA AL EFLUENTE DE LA MINA HUÁSCAR, HUARAZ - 2017"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

Bach. **JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO**

ASESOR:

Dr. Ing. **MAXIMILIANO LOARTE RUBINA**

Huaraz, Ancash, Perú

Diciembre, 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO "Una nueva Universidad para el Desarrollo"	REPOSITORIO INSTITUCIONAL U N A S A M		Dirección del Instituto de Investigación

AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM

Conforme al Reglamento Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI
Resolución de Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

1. **Datos del Autor**:

   Apellidos y Nombres: FLOR HIDALGO JOHNNY JOHAB

Código de alumno: 01.0305.2.AB	Teléfono: 930888673
Correo electrónico: JUAN_3050@hotmail.com	DNI: 41696284

2. **Datos del Autor**:

( ) Trabajo de investigación	( ) Trabajo académico
( ) Trabajo de suficiencia profesional	(x) Tesis

3. **Título profesional o grado académico**:

( ) Bachiller	(x) Título	( ) Segunda especialidad
( ) Licenciado	( ) Magister	( ) Doctor

4. **Título del trabajo de investigación**:

PREDOMINANCIA DE LA VEGETACIÓN ACUMULADORA DE METALES PESADOS ASOCIADA AL EFLUENTE DE LA MINA HUÁSCAR, HUARAZ - 2017.

5. **Facultad de**: CIENCIAS DEL AMBIENTE

6. **Escuela, Carrera o Programa**: INGENIERÍA AMBIENTAL

7. **Asesor**:

Apellidos y Nombres: LOARTE RUBINA MAXIMILIANO	Teléfono: 952647082
Correo electrónico: maxloarte@hotmail.com	DNI: 32295136

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito respecto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: Johnny F.....

D.N.I.: 41696284.....

FECHA: Huaraz, 16 de Dicembre de 2019

"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS

Los Miembros del Jurado en pleno que suscriben, reunidos en la fecha, en el Auditórium de la FCAM-UNASAM, de conformidad a la normatividad vigente conducen el Acto Académico de Sustentación y Defensa de Tesis **PREDOMINANCIA DE LA VEGETACIÓN ACUMULADORA DE METALES PESADOS ASOCIADA AL EFLUENTE DE LA MINA HUÁSCAR, HUARAZ - 2017**, que presenta **FLOR HIDALGO JOHNNY JOHAB** para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental**.

En seguida, después de haber atendido la exposición oral y escuchada las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, lo declaramos:

APROBADO

Con el calificativo de: ...DIECISEIS..... (16)

En consecuencia, **FLOR HIDALGO JOHNNY JOHAB** queda expedito para que el Consejo de Facultad de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" apruebe el otorgamiento de su **Título Profesional de Ingeniero Ambiental** de conformidad al Art. 113 numeral 113.9 del Reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario Nº 399-2015-UNASAM), el Art. 48° del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario - Rector Nº 761-2017-UNASAM) y el Art. 160° del Reglamento de Gestión de la Programación, Ejecución y Control de las Actividades Académicas (Resolución de Consejo Universitario - Rector Nº 232-2017-UNASAM).

Huaraz, 29 de noviembre de 2019

Ing. **FRANCISCO CLAUDIO LEÓN HUERTA**
Presidente
Jurado de sustentación

Dra. **BHENY JANETT TUYA CERNA**
Secretaria
Jurado de sustentación

MSc. **KIKO FELIX DEPAZ CELI**
Vocal
Jurado de sustentación

Dr. **MAXIMILIANO LOARTE RUBINA**
Asesor de tesista

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres ISAAC y NELI quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre

Johnny Johab Flor Hidalgo

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres: ISAAC Y NELI, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, a toda la Facultad de Ciencias del Ambiente, a mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

De manera especial a mi tutor de tesis, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

RESUMEN

La existencia de numerosos efluentes de pasivos mineros y la adaptación y desarrollo de especies vegetales diversas en las inmediaciones de las bocaminas, hace necesario se investiguen sobre sus características, para proyectar el cierre definitivo del pasivo y/o su manejo. En tal contexto, el propósito de la investigación es para identificar la existencia de especies vegetales acumuladoras de metales pesados asociada al efluente de la mina Huáscar, puesto que en su momento de explotación de minerales fue polimetálico, recuperándose Plomo, Plata y Zinc, respectivamente

El objetivo de la investigación fue identificar las especies vegetales acumuladoras de metales pesados asociada al efluente de la mina Huáscar.

El marco teórico-conceptual que sustenta la presente investigación, se sustenta en los seguimientos de control de calidad de efluentes y/o descargas de actividades minero-metalúrgicos, aplicando los monitoreos para su caracterización. De la misma forma la caracterización de otros componentes del entorno del pasivo minero, como sustrato (lodo) y especies vegetales.

La metodológica correspondió a determinar de concentraciones de metales pesados en muestras de efluentes de mina (agua), sustrato (lodo) y especies vegetales, sus análisis en el Laboratorio de Calidad Ambiental con métodos preestablecidos y la identificación de especies vegetales en Herbarium Truxillense (HUT) de la Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Biológicas.

El resultado de la caracterización de efluente de la mina Huáscar, muestra en promedio altos contenidos de Fe, Ag, Pb y Zn, y bajo contenido de Cu, en comparación a los Límites Máximos Permisibles (D. S. Nº 010-2010-MINAM). Asimismo, el sustrato (lodo) en el curso de la mina Huáscar a la salida de la bocamina, en promedio se caracteriza por su alto contenido de Cu, Fe, Ag, Pb y Zn.

Finalmente, se identificaron las especies vegetales *Scirpus pungens M. Vahi, Polypogon interrruptus H.B.K., Equisetum bogotense Kunth, Voeronica anagallis-aquatica L., Gamochaeta americana (Miller) Weddell y Hedeoma manoloniana Weddell*.predominantes, que se desarrollan en el curso principal del efluente de la mina Huáscar

Palabras clave: efluente de mina, sustrato, especie vegetal predominante, factor de acumulación, pasivo minero

ABSTRACT

The existence of numerous effluents from mining liabilities and the adaptation and development of diverse plant species in the vicinity of the bocaminas, makes it necessary to investigate their characteristics, to project the definitive closure of the liability and / or its management. In this context, the purpose of the investigation is to identify the existence of heavy metal accumulative plant species associated with the effluent of the Huáscar mine, since at the time of mineral exploitation it was polymetallic, recovering Lead, Silver and Zinc, respectively

The objective of the research was to identify the heavy metal accumulative plant species associated with the effluent from the Huáscar mine.

The theoretical-conceptual framework that supports this research is based on monitoring quality control of effluents and / or discharges of mining-metallurgical activities, applying the monitoring for their characterization. In the same way, the characterization of other components of the mining liabilities environment, such as substrate (mud) and plant species.

The methodology was to determine heavy metal concentrations in samples of mine effluents (water), substrate (sludge) and plant species, their analyzes in the Environmental Quality Laboratory with pre-established methods and the identification of plant species in Herbarium Truxillense (HUT) from the National University of Trujillo, Faculty of Biological Sciences.

The result of the characterization of effluent from the Huáscar mine shows, on average, high Fe, Ag, Pb and Zn contents, and low Cu content, compared to the Maximum Permissible Limits (D. S. No. 010-2010-MINAM). Likewise, the substrate (sludge) in the course of the Huáscar mine at the exit of the bocamina, on average is characterized by its high content of Cu, Fe, Ag, Pb and Zn.

Finally, the plant species Scirpus pungens M. Vahi, Polypogon interrruptus HBK, Equisetum bogotense Kunth, Voeronica anagallis-aquatica L., Gamochaeta americana (Miller) Weddell and Hedeoma manoloniana Weddell.predominants, which develop in the main course of the effluent were identified from the Huáscar mine

Keywords: mine effluent, substrate, predominant plant species, accumulation factor, mining liabilities.

ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE	vii
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE GRÁFICOS	x
LISTA DE IMÁGENES	x
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN	**1**
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Formulación del problema	3
1.3. Hipótesis	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. Justificación	4
1.6. Limitaciones de la investigación	4
1.7. Descripción del ámbito de investigación	5
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL	**7**
1.1. Antecedentes	7
1.2. Base teórica	8
1.2.1. Pasivo ambiental	8
1.2.2. Efluentes de actividades mineras	9
1.2.3. Metales pesados	10
1.2.4. Mecanismos de vida de las plantas	13
1.2.5. Acumulación de metales en las plantas	15
1.3. Normatividad	16
1.4. Definición de términos básicos	17
CAPITULO III	
MARCO METODOLOGICO	**19**
3.1. Tipo de investigación	19
3.2. Diseño de investigación	19
3.3. Métodos o técnicas	20
3.4. Población y muestra	22

3.5. Instrumentos de recolección de datos 28
3.6. Procesamiento y análisis estadístico de la in formación 29

CAPITULO IV
RESULTADOS **32**
4.1. Caracterización del efluente de la mina Huáscar 32
4.2. Concentración de metales pesados en el sustrato (lodo) 39
4.3. Concentración de metales pesados en las especies vegetales 42
4.4. Identificación de especies vegetales predominantes 43

CAPITULO V
DISCUSIÓN DE RESULTADOS **52**
5.1. En relación a caracterización del efluente de la mina Huáscar 52
5.2. En relación a concentración de metales pesados en el sustrato (lodo) 53
5.3. En relación a concentración de metales pesados en las especies vegetales 53
5.4. En relación a identificación de especies vegetales predominantes 54

CAPITULO VI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **55**
6.1. Conclusiones 55
6.2. Recomendaciones 56

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA 57

ANEXOS **61**
Anexo 1. REPORTES DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE EFLUENTES (AGUA) DE MINA HUÁSCAR
Anexo 2. REPORTES DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE SUSTRATO (LODO) EN EL CURSO DE EFLUENTES (AGUA) DE MINA HUÁSCAR
Anexo 3. REPORTES DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE ESPECIES VEGETALES PREDOMINANTES EN EL CURSO DE EFLUENTES (AGUA) DE MINA HUÁSCAR
Anexo 4. REPORTE DE IDENFICACIÓN DE ESPECIES VEGETALES PREDOMINANTES EN EL CURSO DE EFLUENTES (AGUA) DE MINA HUÁSCAR
Anexo 5. PANEL FOTOGRAFICO

LISTA DE TABLAS

CONTENIDO		Pág.
Tabla 01	Ubicación geográfica del pasivo denominado Bocamina (nivel 1) de la mina Huáscar	5
Tabla 02	Descripción de métodos de análisis de muestras	20
Tabla 03	Diseño de muestra	22
Tabla 04	Muestras de agua	23
Tabla 05	Muestras de sustrato (lodo)	23
Tabla 06	Muestras de especies vegetales predominantes	24
Tabla 07	Colecta de especies vegetales predominantes	25
Tabla 08	Niveles Máximos Permisibles de Emisión para Unidades Minero - Metalúrgicas	29
Tabla 09	Límites Máximos Permisibles para la Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas	29
Tabla 10	Metales Pesados del Efluente de mina Huáscar, Tramo 1	32
Tabla 11	Metales Pesados del Efluente de mina Huáscar, Tramo 2	34
Tabla 12	Metales Pesados del Efluente de mina Huáscar, Tramo 3	36
Tabla 13	Metales Pesados del Efluente de mina Huáscar, Promedio	38
Tabla 14	Metales Pesados en el Sustrato (Lodo), curso del efluente de mina Huáscar (Tramo 1)	39
Tabla 15	Promedio de Metales Pesados en el Sustrato (Lodo), curso del efluente de mina Huáscar (Tramo 1)	41
Tabla 16	Metales Pesados en Especies Vegetales, Tramo 1	42
Tabla 17	[Cu] y Factores de Concentración en Especies Vegetales	43
Tabla 18	[Fe] y Factores de Concentración en Especies Vegetales	44
Tabla 19	[Ag] y Factores de Concentración en Especies Vegetales	45
Tabla 20	[Pb] y Factores de Concentración en Especies Vegetales	46
Tabla 21	[Zn] y Factores de Concentración en Especies Vegetales	47

LISTA DE GRÁFICOS

CONTENIDO		Pág.
Gráfico 01	[Cu] y LMP (mg/l), Tramo 1	32
Gráfico 02	[Fe] y LMP (mg/l), Tramo 1	33
Gráfico 03	[Ag] y LMP (mg/l), Tramo 1	33
Gráfico 04	[Pb] y LMP (mg/l), Tramo 1	33
Gráfico 05	[Zn] y LMP (mg/l), Tramo 1	34
Gráfico 06	[Cu] y LMP (mg/l), Tramo 2	34
Gráfico 07	[Fe] y LMP (mg/l), Tramo 2	35
Gráfico 08	[Ag] y LMP (mg/l), Tramo 2	35
Gráfico 09	[Pb] y LMP (mg/l), Tramo 2	35
Gráfico 10	[Zn] y LMP (mg/l), Tramo 2	36
Gráfico 11	[Cu] y LMP (mg/l), Tramo 3	36
Gráfico 12	[Fe] y LMP (mg/l), Tramo 3	37
Gráfico 13	[Ag] y LMP (mg/l), Tramo 3	37
Gráfico 14	[Pb] y LMP (mg/l), Tramo 3	37
Gráfico 15	[Zn] y LMP (mg/l), Tramo 3	38
Gráfico 16	Sustrato [Cu] (mg/Kg), Tramo 1	39
Gráfico 17	Sustrato [Fe] (mg/Kg), Tramo 1	39
Gráfico 18	Sustrato [Ag] (mg/Kg), Tramo 1	40
Gráfico 19	Sustrato [Pb] (mg/Kg), Tramo 1	40
Gráfico 20	Sustrato [Zn] (mg/Kg), Tramo 1	40

LISTA DE IMÁGENES

CONTENIDO		Pág.
Imagen 01	*Scirpus pungens M. Vahí*	48
Imagen 02	*Polypogon interruptus H.B.K*	48
Imagen 03	*Equisetum bogotense Kunth*	49
Imagen 04	*Veronica anagallis-aquatica L.*	49
Imagen 05	*Gamochaeta americana (Miller) Weddell*	50
Imagen 06	*Hedeoma manoloniana Weddell*	50

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los pasivos ambientales derivados de la minería han existido en el país durante siglos, pero la falta de conciencia de los titulares mineros o dueños, las autoridades y la población en general, no han permitido en el pasado un manejo sostenible de esta actividad económica y, de manera recurrente, las poblaciones vecinas a las áreas de operaciones mineras han tenido que lidiar con sus consecuencias. Teniendo en cuenta que en la actualidad la minería es uno de los motores de la economía del país, se hace necesario establecer mecanismos para prevenir, estimar y resolver sus daños colaterales a nivel ambiental.

El Perú cuenta con una legislación específica de Pasivos Ambientales Mineros (PAMs). Específicamente, la Ley que regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera (Ley Nº 28271) considera la identificación de los PAMs, así como la responsabilidad y el financiamiento de su remediación. En este contexto, se le otorga a la Dirección General de Minería (DGM) la elaboración y actualización del inventario de PAMs y la identificación de los responsables para la remediación de los mismos. Los responsables tienen la obligación de presentar un Plan de Cierre de PAMs, el cual debe incluir las medidas de remediación del pasivo, entre otros. El Estado sólo asumirá la tarea de remediación de aquellos pasivos cuyos responsables no puedan ser identificados. Desde el año 2008, a través del Decreto Legislativo Nº 1042, se regulan diferentes usos de los PAMs, incluyendo su reutilización, reaprovechamiento y uso alternativo. Las especificaciones en la identificación y remediación de los PAMs quedan definidas en el Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera (Decreto Supremo Nº 059-2005-EM). Este proceso legislativo ha ido acompañado desde el año 2006, de la elaboración del Inventario de PAMs, que se han venido actualizando todos los años hasta la fecha, así como de la elaboración de un Plan de Manejo de PAMs que

establece las diferentes fases en la identificación y remediación de los PAMs. (Oblasser, 2016)

El cierre y abandono de una mina consiste en un conjunto de labores que deben ser implementadas durante todo el ciclo útil de una operación extractiva de minerales, caso contrario, se habla de abandono de la mina. En el caso de la mina Huáscar, el titular minero o dueño, no identificado, no ha cumplido con las actividades de mitigación que buscan resarcir los efectos ambientales producto de la extracción de minerales y, por lo tanto, allí se ha conformado un pasivo ambiental. Este pasivo debe ser valorado para identificar sus impactos ambientales negativos y los riesgos asociados.

Entre los PAMs se considera a la Bocamina, como el espacio físico por donde se hace el ingreso a una mina subterránea. Se puede decir que es el límite entre el espacio exterior y el espacio interior donde se realizan las actividades mineras de explotación de minerales. Sus características están en función al tamaño (ancho x alto) que le dan facilidades para los accesos de los trabajadores y los equipos de transporte para la extracción del mineral. El PAM mina Huáscar, presenta como uno de los mayores peligros a los efluentes de la labor minera abandonada, en tanto que, el riesgo es la contaminación a la salud humana y el ambiente, debido a los metales pesados en los efluentes y su liberación a los campos de cultivo por su uso en riego.

La gestión eficaz de los Drenajes Ácidos de Mina (DAM) y la corrección de los impactos que producen sólo es posible si se conocen los procesos que influyen en la liberación y transporte de los elementos potencialmente tóxicos, en particular de los denominados metales pesados (Armienta, Talavera, Morton, & Barrera, 2003; Árcega-Cabrera et al., 2010; Inocencio Flores, Velázquez-Machuca, Pimentel-Equihua, Montañez-Soto, & Venegas-González, 2013

1.1. Planteamiento del problema

Las labores subterráneas de la mina Huáscar pueden ser una fuente considerable del DAM o Drenaje Acido de Roca (DAR), especialmente producto de sus labores antiguas, a razón de que sus paredes estén expuestas en áreas mineralizadas y, por tanto, es posible que tengan contenidos de metal. Además, toda roca sulfurosa rota, como parte de las labores subterráneas ejecutadas por el método de explotación minera (técnicas de excavación), como resultado del colapso y hundimiento en labores antiguas, o debido al relleno, es posible que puedan estar generando una extensa área superficial de roca quebrada que, a su vez, puede producir DAM o DAR.

Aguas abajo de la bocamina de la mina Huáscar, en el curso y las riberas de la acequia por donde fluye el efluente de mina o DAM, se observa existencia de diversas especies de vegetación y algunas de estas con diferencias de predominancia con relación a otras.

1.2. Formulación del problema

En concordancia a las observaciones y antecedentes, se hace necesaria la identificación de especies vegetales acumuladoras de metales pesados, que se desarrollan en el curso y las riberas de la acequia por donde fluye el DAM de la mina Huáscar. De confirmarse, desarrollo de vegetación acumuladora de metales pesados, esto es, resistente a altas concentraciones, en adelante pueden ser considerados para procesos de fitorremediación de suelos contaminados con DAM, teniendo en cuenta condiciones ambientales similares.

Por consiguiente, se hace necesario responder la siguiente pregunta:

¿Cuáles son las especies vegetales acumuladoras de metales pesados asociada al efluente de la mina Huáscar, Huaraz - 2017?

1.3. Hipótesis

Existen especies vegetales acumuladoras de metales pesados asociada al efluente de la mina Huáscar, Huaraz - 2017

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Identificar las especies vegetales acumuladoras de metales pesados asociada al efluente de la mina Huáscar

1.4.2. Objetivos específicos

Caracterizar el efluente (curso principal aproximado de 1.5 km.) de la mina Huáscar desde la óptica de concentración de metales pesados, teniendo en cuenta que el yacimiento es polimetálico y los minerales recuperados son Ag, Pb, Zn, Cu

Determinar la concentración de metales pesados en los sustratos (soportes) de las especies vegetales predominantes que se desarrollan en las riberas del curso principal del efluente de la mina Huáscar.

Determinar la concentración de metales pesados en las especies vegetales predominantes que se desarrollan en las riberas del curso principal del efluente de la mina Huáscar.

Identificar las especies vegetales predominantes que se desarrollan en el curso principal del efluente de la mina Huáscar.

1.5. Justificación

Al año 2019 se ha logrado inventariar un total de 8448 pasivos mineros en todo el país, de los cuales corresponden a la Región Ancash un total de 1362 pasivos, siendo estas, entre sus distintos componentes: Estructuras Mineras (bocamina, drenaje ácido de mina, pilas de desmonte y material de desbroce, instalaciones de almacenamiento de relaves, rellenos sanitarios y otros residuos sólidos, etc.) y Estructuras Civiles (edificaciones y equipos, manejo de aguas, tratamiento de aguas, vías de acceso, suministro de energía, etc.). Entre los pasivos mineros inventariados se encuentra la

En la ex unidad minera Mina Huáscar se han identificado nueve (09) pasivos, entre ellos, tres (03) como bocamina; cuatro (04) como desmonte de mina; uno (01) como campamentos, oficinas y talleres; y uno (01) como no determinado. La presente investigación corresponde a un tramo de 1.5 km aguas abajo en el curso y las riberas de la acequia por donde fluye el efluente de mina, a partir de su origen en la bocamina (nivel 1) ubicado a 3919 m.s.n.m.

En consecuencia, la investigación se justifica, porque el estudio demuestra la existencia de especies vegetales acumuladoras de metales pesados asociada al efluente de la mina Huáscar

1.6. Limitaciones de la investigación

Escasa información sobre el historial de desarrollo de la Mina Huáscar y desconocimiento sobre el pasivo minero y particularmente en relación a los efluentes como DAM, de los actores del entorno (autoridades, dirigentes de organizaciones de base local y/o personas naturales).

Impedimento para acceder al área de investigación para la toma de muestras, por el personal de seguridad de la mina Huáscar, que aún, se encuentran custodiando algunas instalaciones obsoletas.

Escasa colaboración de los agricultores, pobladores circundantes al área de investigación, llegando en algunos casos al impedimento en la realización de los muestreos, con el argumento de que se estaría realizando trabajos para reanudar actividades de extracción de minerales, esto es, reapertura de mina.

1.7. Descripción del ámbito de la investigación

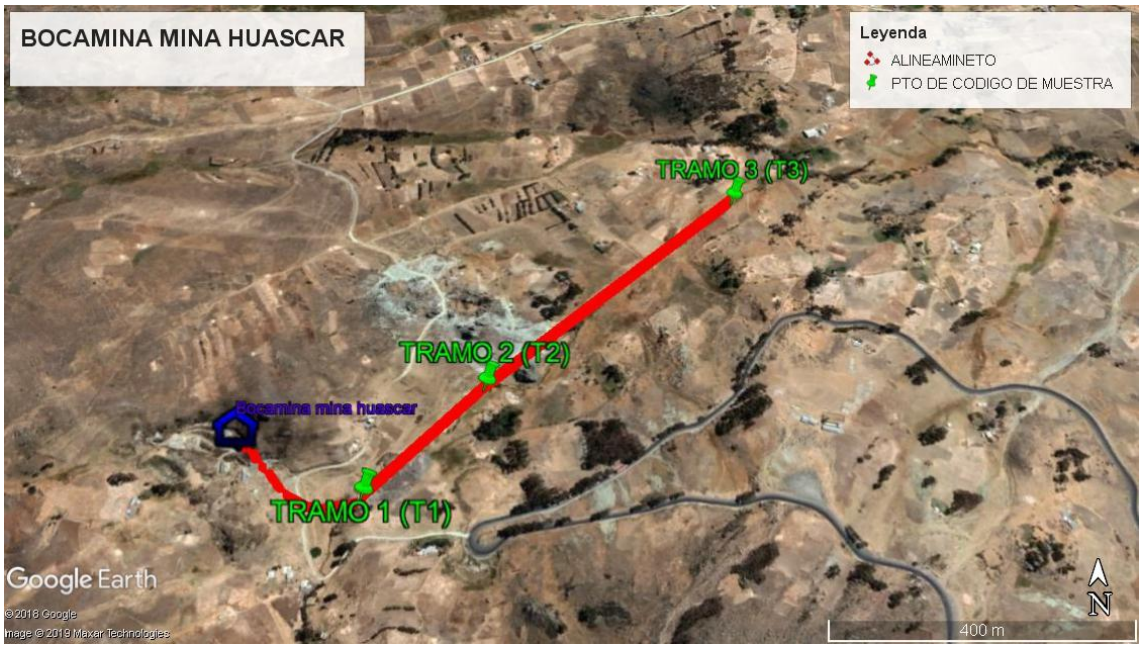
La investigación se llevó a cabo en un tramo aproximado de 1.5 km aguas abajo en el curso y las riberas de la acequia por donde fluye el efluente de mina, a partir de su origen en la bocamina (nivel 1) ubicado a 3919 m.s.n.m.

En relación al efluente de mina, esta se visualiza a partir del pasivo denominado Bocamina (nivel 1) de la mina Huáscar, según inventario se cuenta con la información siguiente: Código de identificación: 5245. Ubicado en: cuenca Santa, región Ancash, provincia Huaraz, distrito Independencia. Coordenadas: 214054 Este WGS84, 8942809 Norte WGS84. Zona: 18. Código de derecho minero: 010009005, 010050194, 520 002908. Nombre de derecho minero: Cancha 9, Carachuco 2, Huáscar A. Nombre de titular: Compañía de minas Buenaventura S.A.A., Corporación minera Libra S.A.C., Solís Jordán, María Teresa, Teck Perú S.A. Generador de pasivo: No identificado. Responsable de pasivo: No identificado. Estudios ambientales: No gestionado

La ubicación geográfica del pasivo denominado Bocamina (nivel 1) de la mina Huáscar, se presenta en detalle, descripción y su correspondiente delimitación (Véase Tabla 1 e Imagen 01).

Tabla 01: Ubicación geográfica del pasivo denominado Bocamina (nivel 1) de la mina Huáscar

Detalle	Descripción
Cuenca	Santa
Región	Ancash
Provincia	Huaraz
Distrito	Independencia
Coordenadas UTM WGS84	214054 E, 8942809 N



Ámbito de ubicación de la mina Huáscar (nivel 1)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

2.1. Antecedentes

La explotación minera, bajo el depredador modelo extractivista, afecta no sólo a la salud de la población y sus condiciones socioeconómicas, sino de manera severa al entorno ambiental. En este sentido, un estudio desarrollado por la Contraloría General de la República, concluye:

> La información sobre los efectos de la minería de escala pequeña, mediana o grande existente o proyectada sobre la salud de los geo-ecosistemas o sobre la salud pública es precaria, fragmentada o inexistente. Algunas regiones del país con precaria o inexistente infraestructura, baja presencia estatal, con ecosistemas de alta fragilidad o habitadas por grupos étnicos altamente vulnerables no deben ser incorporadas en las políticas de expansión minera desordenada planteadas en las políticas sectoriales hasta tanto se cuente con la información, institucionalidad y conocimiento que permitan tomar las mejores decisiones a largo plazo. (Contraloría General de la República, 2013, p. 119).

Algunas especies de plantas vienen siendo usadas en recuperación de relaves mineros. Al respecto un estudio sobre “Cobertura vegetal en la biorremediación de relaves mineros”, concluye:

> Que las plantas que se usan en recuperación de relaves mineros, son aquellas que han incorporado en sus genes capacidades de adaptación, tolerancia y acumulación de metales pesados, conociéndose como tolerantes e hiperacumuladoras de estos contaminantes a nivel de la rizósfera, raíz, o parte aérea. Entre las especies más estudiadas pertenecen a las familias *Poaceae, Plantaginaceae, Fabaceae, Poligonaceae,*

Otros autores concuerdan que en su mayoría los contaminantes de efluentes mineros presentan mayor concentración (mg/l) en la época de estiaje, esto debido a que el caudal es menor comparado a la época de lluvia, por lo que los contaminantes se encuentran más concentrados (Guzmán & Thalasso, 2011).

Algunos ríos en el Perú presentan contaminación de sus aguas por la intensa actividad minera, llegando a ser peligroso para la vida acuática y las fuentes de agua superficiales (ANA, 2010).

El estudio sobre "Efecto contaminante del pasivo minero de Ticapampa", ha impactado negativamente la cuenca del río Santa, por la explotación de plata, plomo y zinc en la labores mineras (ahora pasivos mineros) de Collaracra, el Triunfo y la Florida; desde el año 1908 hasta la década de los 50 y 60 del siglo pasado (Romero, Flores, & Pacheco, 2010).

2.2. Base teórica

2.2.1. Pasivo ambiental

El término pasivo ambiental tuvo su origen en la terminología económica y fue interpretado por el Ministerio de Ambiente en el 2001 como una "deuda ambiental no saldada, constituida por los daños ambientales ocurridos en el presente o en el pasado por actividades que afectan de manera adversa el medio ambiente" (Ministerio del Medio Ambiente, 2001). Siguiendo la definición de Yupari, en el presente documento se acepta que "el pasivo ambiental minero hace referencia a los impactos ambientales negativos generados por las operaciones mineras abandonadas con o sin dueño u operador identificado, en donde no se haya realizado un cierre de minas reglamentado y certificado por la autoridad correspondiente" (Yurupari, 2000).

En general, la denominación pasivo ambiental minero hace referencia a los impactos ambientales generados por las operaciones mineras abandonadas con o sin dueño u operador identificables y en donde no se hayan realizado un cierre de minas reglamentado y certificado por la autoridad correspondiente

2.2.2. Efluentes de actividades mineras

El drenaje acido de mina (DAM) o drenaje ácido de roca (DAR) es el efluente contaminado de una mina parada o en operación, contiene niveles de cualquier elemento o contaminante que no se encuentre dentro de los límites reglamentarios para el agua que drena de un asiento minero, o que podría ocasionar un impacto ambiental adverso. Por lo general, el DAM o DAR se caracteriza por: valores de pH por debajo de 7 hasta 1.5, alcalinidad decreciente y acidez creciente, concentraciones elevadas de sulfato, concentraciones elevadas de metales (disueltos o totales), concentraciones elevadas de sólidos disueltos totales (Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Acido de Minas).

Los drenajes ácidos de mina (AMD del inglés, acid mine drainage) contienen concentraciones de sulfato desde gramos hasta cientos de gramos por litro (Nordstrom, Alpers, Ptacek, & Blowes, 2000; Blowes, Ptacek, Jambor, & Weisener, 2003). Los minerales responsables de la generación de los AMD son los sulfuros de hierro (pirita, FeS_2 y la pirrotita, $Fe^{1-}XS$) y, en menor medida, calcopirita, marcasita, esfalerita, etcétera, los cuales son estables e insolubles en ausencia de agua y oxígeno atmosférico (González-Toril, Llobet-Brossa, Casamayor, Amann, & Amils, 2003; Johnson, 2003; Árcega-Cabrera, Castillo-Blum, & Armienta, 2010)

Según la normatividad nacional, el Efluente Líquido de Actividades Minero – Metalúrgicas, viene a ser:

> Cualquier flujo regular o estacional de sustancia líquida descargada a los cuerpos receptores, que proviene de: a) Cualquier labor, excavación o movimiento de tierras efectuado en el terreno cuyo propósito es el desarrollo de actividades mineras o actividades conexas, incluyendo exploración, explotación, beneficio, transporte y cierre de minas, así como campamentos, sistemas de abastecimiento de agua o energía, talleres, almacenes, vías de acceso de uso industrial (excepto de uso público), y otros; b) Cualquier planta de procesamiento de minerales, incluyendo procesos de trituración, molienda, flotación, separación gravimétrica, separación magnética, amalgamación, reducción, tostación, fundición, refinación, lixiviación, extracción por solventes, electrodeposición y otros; c) Cualquier sistema de tratamiento de aguas residuales asociado con actividades mineras o conexas, incluyendo

plantas de tratamiento de efluentes mineros, efluentes industriales y efluentes domésticos; d) Cualquier depósito de residuos mineros, incluyendo depósitos de relaves, desmontes, escorias y otros; e) Cualquier infraestructura auxiliar relacionada con el desarrollo de actividades mineras; y, f) Cualquier combinación de los antes mencionados (Decreto Supremo Nº 010-2010-MINAM).

2.2.3. Metales pesados

Los metales pesados son elementos que se encuentran naturalmente en las rocas y en los suelos, pero también muchos metales pesados son depositados a causa de la actividad humana. El grupo "metales pesados" generalmente incluye: arsénico, plomo, cadmio, cromo, cobre, mercurio, níquel, zinc; varios de estos elementos son necesarios para la salud humana, y son beneficiosos como alimentos o suplementos en niveles bajos. Por el contrario, el cadmio, el plomo y el mercurio son tóxicos para los seres humanos (Science Communication Unit, U. of the W. of E. 2013, citado por Morgan, 2013)

En una aproximación al mecanismo de degradación de la calidad del agua por introducción de metales pesados disueltos procedentes de actividades mineras, existen dos mecanismos de oxidación (Nancucheo & Barrie-Johnson, 2011):

Reacción directa del oxígeno con la pirita para dar lugar a iones sulfato y acidez. Se trata de un mecanismo inorgánico, donde el agente oxidante es el oxígeno. El mecanismo se corresponde con reacción (1):

$$FeS_2 + H_2O + 7/2\ O_2 \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2H^+ + 2SO_4^{2-} \quad (1)$$

Sustitución del oxígeno por el ion férrico, actuando como oxidante (2). Se trata de otro mecanismo inorgánico:

$$FeS_2 + 14Fe^{3+} + 8H_2O \rightleftharpoons 15Fe^{2+} + 16H^+ + 2SO_4^{2-\cdots} \quad (2)$$

Para que esta reacción tenga lugar es necesaria una reacción previa (3), donde el ion ferroso se oxida in situ (Singer & Stumm, 1970):

$$14Fe^{2+} + 7/2\ O_2 + 14H^+ \rightleftharpoons 14Fe^{3+} + 7H_2O \quad (3)$$

Otros minerales sulfuros son oxidados de forma similar a la pirita, dando lugar a metales y sulfatos en disolución; los AMD contienen diversos metales, por ejemplo Cu, Fe, Zn, Al, Pb, As, Cd, etcétera, en concentraciones tóxicas

Los metales pesados a ser evaluados en muestras de agua, sustrato (lodo) y especies vegetales (raíces y parte aérea) predominantes, para determinar sus concentraciones son:

- ✓ **Cobre**, Su símbolo es Cu, es el elemento químico de numero atómico 29. Se trata de un metal de transición, de color rojizo y brillo metálico que, junto con la plata y el oro, forma parte de la llamada familia del cobre, se caracteriza por ser uno de los mejores conductores de electricidad (el segundo después de la plata). Gracias a su alta conductividad eléctrica, ductilidad y maleabilidad, se ha convertido en el material más utilizado para fabricar cables eléctricos y otros elementos eléctricos y componentes electrónicos.

- ✓ **Hierro**, Denominado también Fierro, es un elemento químico de número atomico 26 situado en el grupo 8, periodo 4 de la tabla periódica de los elementos. Su símbolo es Fe (del latin ferrum) y tiene una masa atómica de 55,847 u.

  Este metal de transición es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, representando un 5% y, entre los metales, solo el aluminio es más abundante, y es el primero más abundante en masa planetaria, debido a que el planeta, en su núcleo, concentra la mayor masa de hierro nativo, equivalente a un 70%. El núcleo de la Tierra está formado principalmente por hierro y níquel en forma metálica, generando al moverse un campo magnético. Ha sido históricamente muy importante, y un período de la historia recibe el nombre de Edad de Hierro. En cosmetología, es un metal muy especial, pues es el metal más pesado que puede ser producido por la fusión en el núcleo de estrellas masivas; los elementos más pesados que el hierro solo pueden crearse en supernovas.

  Es un metal maleable, de color gris plateado y presenta propiedades magnéticas, es ferromagnético a temperatura ambiente y presión atmosférica. Es extremadamente duro y denso.

Se encuentra en la naturaleza formando parte de numerosos minerales, entre ellos muchos óxidos, y raramente se encuentra libre. Para obtener hierro en estado elemental, los óxidos se reducen con carbono y luego es sometido a un proceso de refinado para eliminar las impurezas presentes.

Es el elemento más pesado que se produce exotérmicamente por fusión, y el más ligero que se produce a través de una fisión, debido a que su núcleo tiene la más alta energía de enlace por nucleón (energía necesaria para separar del núcleo un neutrón o un protón); por lo tanto, el núcleo más estable es el del hierro-56 (con 30 neutrones).

- ✓ **Plata**, Es un elemento quimico de número atómico 47 situado en el grupo 11 de la tabla periódica de los elementos. Su símbolo es Ag (procede del latin argentum, "blanco" o "brillante"). Es un metla de transición blanco, brillante, blando, dúctil, maleable.

  Se encuentra en la naturaleza formando parte de distintos minerales generalmente en forma de sulfuro o como plata libre. Es muy común en la naturaleza, de la que representa una parte en 5 mil de corteza terrestre. La mayor parte de su producción se obtiene como subproducto del tratamiento de las minas de cobre, zinc, plomo y oro

- ✓ **Plomo**, Es un metal pesado de densidad relativa o gravedad específica 11,4 a 16ºC, de color plateado con tono azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico y se funde con facilidad. Su fusión se produce a 327,4ºC y hierve a 1725ºC. Las valencias químicas normales son 2 y 4. Es relativamente resistente al ataque del ácido sulfúrico y del ácido clorhídrico, aunque se disuelve con lentitud en ácido nítrico y ante la presencia de bases nitrogenadas. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. Tiene la capacidad de formar muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos.

- ✓ **Zinc**, El zinc es un metal, a veces clasificado como metal de transición aunque estrictamente no lo sea, ya que tanto el metal como su ion positivo presentan el conjunto orbital completo. Este elemento presenta cierto parecido con el magnesio, y con el cadmio de su grupo, pero del mercurio se aparta mucho por las singulares propiedades físicas y químicas de este (contracción lantánida y potentes efectos relativistas sobre los orbitales de

enlace). Es el 23º elemento más abundante en la Tierra y una de sus aplicaciones más importantes es el galvanizado del acero.

Es un metal de color blanco azulado que arde en el aire con llama verde azulada. El aire seco no le ataca pero en presencia de humedad se forma una capa superficial de óxido o carbonato básico que aísla al metal y lo protege de la corrosión. Prácticamente el único estado de oxidación que presenta es el +2. En el año 2004 se publicó en la revista Science el primer y único compuesto conocido de zinc en estado de oxidación +1, basado en un complejo organometálico con el ligando pentametilciclopentadieno. Reacciona con ácidos no oxidantes pasando al estado de oxidación +2 y liberando dihidrógeno (antiguamente llamado hidrogeno) y puede disolverse en bases y ácido acético.

El metal presenta una gran resistencia a la deformación plástica en frío que disminuye en caliente, lo que obliga a laminarlo por encima de los 100ºC. No se puede endurecer por acritud y presenta el fenómeno de fluencia a temperatura ambiente - al contrario que la mayoría de los metales y aleaciones - y pequeñas cargas el más importante.

2.2.4. Mecanismos de vida de las plantas

En una aproximación, los mecanismos de vida de las plantas se sustenta según (I.E.S. MMG 2014 – 2015), tal como:

a. **Mecanismos de absorción de la planta**

La planta absorbe agua y sales minerales que hay en la tierra a través de la raíz.

La raíz es la parte del eje de la planta cuya función consiste en fijarla a la tierra y absorber el agua y sales minerales necesarias para su nutrición. Esta sustancia forma lo que se llama sabia bruta.

Las raíces toman el agua y los minerales que viajarán a lo largo del tallo y de las ramas hasta llegar a las hojas donde, los productos resultantes de la fotosíntesis, sufren una serie de reacciones y dan lugar a lo que se conoce como sabia elaborada

b. **Mecanismo de respiración de las plantas**

La respiración es el proceso inverso al de la fotosíntesis. Todas las plantas respiran para obtener energía, sobre todo a través de las estomas de las hojas, dependiendo de varios factores.

La velocidad de respiración de un vegetal es diferente según su edad y de los factores climáticos. Cuanto más joven sea la planta más activa será su respiración ya que la necesidad de abastecerse de energía es permanente. También el tiempo cálido y húmedo aumentan el ritmo de respiración.

c. **Mecanismo de circulación de la planta**

Las plantas necesitan asegurar sus recursos hídricos y para ello cuentan con tejidos de absorción y conducción del agua y nutrientes. La sabia elaborada circula por toda la planta llevando alimento a ella. Este alimento está compuesto de: Glucosa, Proteína, Grasas, Líquidos

Para la circulación de la sabia la planta cuenta con dos tipos de tejidos, xilema y floema.

El xilema conduce el agua, y los minerales disueltos en ella, que absorben las raíces.

El floema, transforma las sustancias orgánicas elaboradas por las hojas.

d. **Mecanismo de transpiración de las plantas**

La transpiración elimina el exceso de agua en forma de vapor por las estomas, pequeños orificios microscópicos situados en el reverso de las hojas.

Disponen de un mecanismo que les permite abrirse o cerrarse, de acuerdo con el agua que la planta necesita, y eliminar el sobrante en forma de vapor.

La transpiración de las plantas es el proceso por el cual se devuelve aire limpio a la atmósfera

2.2.5. Acumulación de metales en las plantas

Los órganos de las plantas difieren en su capacidad para acumular metales. En la mayoría de las plantas, raíces, tallos, hojas, frutos y semillas presentan diferentes niveles de concentración y acumulación de metales pesados (Kloke, 1994). Cuando la fuente de metales pesados en el suelo, en general los niveles decrecen en el orden: raíces > tallos > hojas > frutos > semillas. Por ejemplo, plantas jóvenes de girasol (Helianthus annus) creciendo en solución nutritiva suplementada con Cd, Cu, Pb y Zn acumularon metales especialmente en las raíces y en los tallos (Kastori, 1992).

La colonización vegetal de los suelos ricos en metales depende de la capacidad de las plantas para desarrollar mecanismos de tolerancia (Ernst, 1996). Muchas especies toleran las elevadas concentraciones de metales en el suelo porque restringen su absorción y/o translocación hacia las hojas (estrategia de exclusión); sin embargo, otras los absorben y acumulan activamente en su biomasa aérea (estrategia acumuladora), lo que requiere una fisiología altamente especializada (Baker y Walker, 1990).

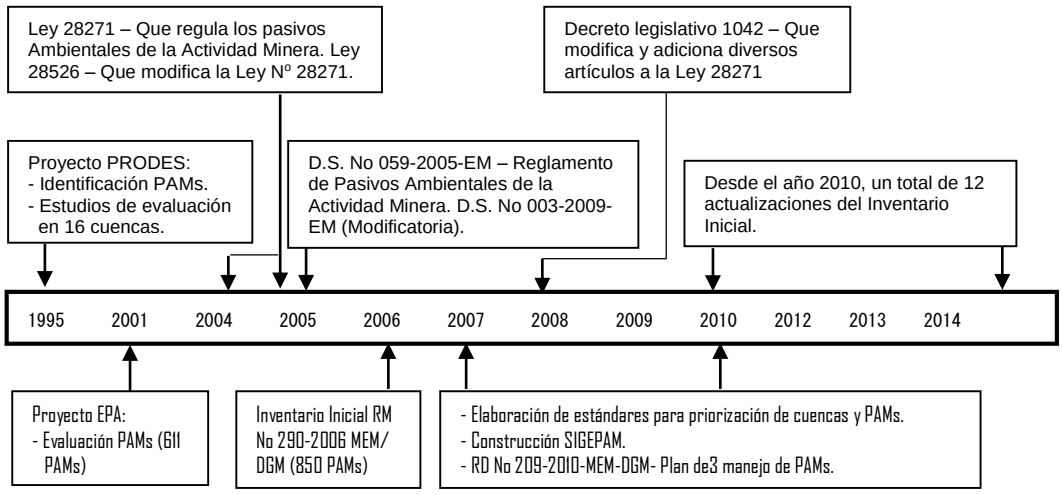
El uso de la capacidad de algunas plantas para acumular contaminantes en sus raíces, tallos o follaje, las cuales pueden ser fácilmente cosechadas.Generalmente los sistemas de fitoextracción se implementan para extraer metales de suelos contaminados, por medio de plantas conocidas como metalofitas, es decir acumuladoras de metales; sin embargo, también pueden implementarse para tratar aguas residuales. (Núñez, Vong, Ortega, & Olquin, 2004)

Todas las plantas absorben metales del suelo donde se encuentran, pero en distinto grado, dependiendo de la especie vegetal, y de las características y contenido en metales del suelo. Las plantas pueden adoptar distintas estrategias frente a la presencia de metales en su entorno Unas basan su resistencia a los metales con la estrategia de una eficiente exclusión del metal, restringiendo su transporte a la parte aérea. Otras prefieren acumular el metal en la parte aérea en una forma no tóxica para la planta. La exclusión es más característica de especies sensibles y tolerantes a los metales, mientras que la acumulación es más común de especies que aparecen siempre en suelos contaminados o metalíferos. (Baker, 1981)

2.3. Normatividad

La ley que regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera (Ley Nº 28271) en su Artículo2, define a los PAMs como: "(...) aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonadas o inactivas y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad". (Congreso de la Republica, 2004). En el Diagrama 1, como Cronograma de legislación respecto a la gestión de PAMs en Perú, se observa entre las varias leyes y decretos específicos para la regulación de los PAMs

Diagrama: Cronograma de legislación respecto a la gestión de PAMs en Perú



Fuente: Modificado por el MEM, 2015.

Igualmente, cobra relevancia definir qué se entiende por riesgo asociado a la existencia de los PAMs, y que queda definido en el reglamento (Decreto Supremo Nº 059-2005-EM) como:

> La probabilidad o posibilidad de que un contaminante pueda ocasionar efectos adversos a la Salud humana, en los organismos que constituyen los ecosistemas o en la calidad de los suelos y del agua, en función de las características y de la cantidad que entra en contacto con los receptores potenciales, incluyendo la consideración de la magnitud o intensidad de los efectos asociados y el Número de individuos, ecosistemas o bienes que, como consecuencia de la presencia del contaminante, podrían ser afectados tanto en el presente como en el futuro. (Presidencia de la Republica, 2005)

Aplicable a todas las actividades minero-metalúrgicas que se desarrollen dentro del territorio nacional, se cuenta con normatividad que resuelve aprobar los

Límites Máximos Permisibles (LMP), para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas (Decreto Supremo Nº 010-2010-MINAM)

2.4. Definición de términos básicos

Riesgo, probabilidad o posibilidad de que un contaminante pueda ocasionar efectos adversos a la salud humana, en los organismos que constituyen los ecosistemas o en la calidad de los suelos y del agua, en función de las características y de la cantidad que entra en contacto con los receptores potenciales, incluyendo la consideración de la magnitud o intensidad de los efectos asociados y el número de individuos, ecosistemas o bienes que, como consecuencia de la presencia del contaminante, podrían ser afectados tanto en el presente como en el futuro

Pasivos Ambientales, Son considerados pasivos ambiéntales aquellas instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonadas o inactivas y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad.

Pasivo ambiental minero abandonado, Son aquellos pasivos que se encuentran localizados fuera de una concesión vigente a la fecha de entrada en vigencia de la Ley Nº 28271 que regula los pasivos ambientales de la actividad minera.

Pasivo ambiental minero inactivo, Son aquellos pasivos que a la fecha de vigencia señalada anteriormente se encontraban localizadas en concesiones mineras vigentes, en áreas, labores o instalaciones que estaban sin operar dos años o más.

Drenaje ácido de mina (DAM), Drenaje contaminado que resulta de la oxidación de minerales sulfurados y lixiviación de metales asociados, provenientes de las rocas sulfurosas cuando son expuestas al aire y al agua. (Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Acido de Minas)

Metal pesado, Se refiere a cualquier elemento químico metálico que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentración incluso muy bajas. Los ejemplos de metales pesados o algunos metaloides, incluyen el mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), cromo (Cr), talio (Tl), y plomo (Pb), entre otros (Lucho, C.A., Álvarez, M., Beltran, R.I., Prieto, F. and Poggi, H., 2005)

Tolerancia de las plantas hacia los metales pesados, La tolerancia hacia los metales pesados está representada por la habilidad de sobrevivir en un suelo que es tóxico a otras plantas, y se manifiesta mediante una interacción entre el genotipo y su ambiente (Macnair, 2002)

Fitorremediación, La fitorremediación de suelos contaminados se basa en el uso conjunto de plantas, enmiendas del suelo y técnicas agronómicas para eliminar, retener, o disminuir la toxicidad de los contaminantes del suelo (Chaney, 1997)

Pasivo ambiental minero, La denominación pasivo ambiental minero hace referencia a los impactos ambientales generados por la operaciones mineras abandonadas con o sin dueño u operador identificables y en donde no se hayan realizado un cierre de minas reglamentado y certificado por la autoridad correspondiente (Yupari, 2004).

Metales pesados, Son aquellos elementos químicos que presentan una densidad superior a 5 g/cm3, una masa atómica mayor a la del sodio de 22,99 g/mol y número atómico superior a 20 (IUPAC, 2002).

Factor de bioconcentración (FBC), Se utiliza para medir la capacidad de captación de un metal por una planta con relación a su concentración en el suelo. (Audet et al., 2007).

Monitoreo de Efluentes Líquidos, Evaluación sistemática y periódica de la calidad de un efluente en un Punto de Control determinado, mediante la medición de parámetros de campo, toma de muestras y análisis de las propiedades físicas, químicas y fisicoquímicas de las mismas, de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes

Protocolo de Monitoreo, Norma aprobada por el Ministerio de Energía y Minas en coordinación con el Ministerio del Ambiente, en la que se indican los procedimientos que se deben seguir para el monitoreo del cuerpo receptor y de efluentes líquidos de actividades minero - metalúrgicas. Sólo será considerado válido el monitoreo realizado de conformidad con este Protocolo, su cumplimiento es materia de fiscalización

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

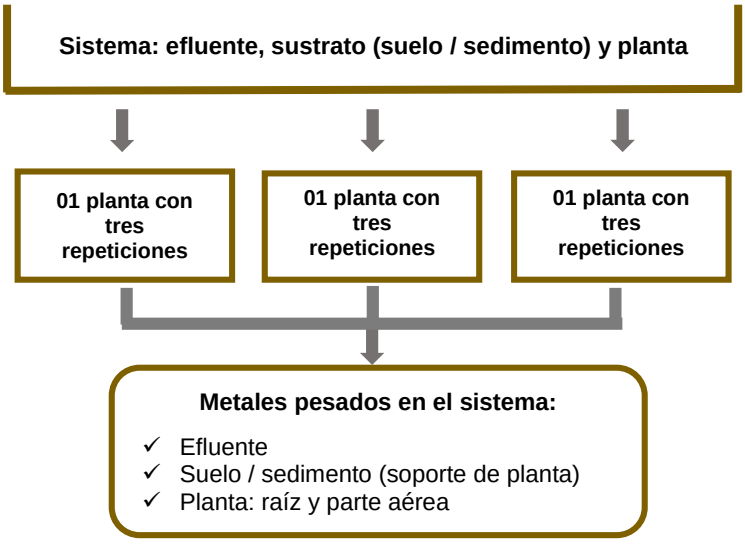
3.1. Tipo de investigación

La investigación es cuantitativo de tipo no experimental. Prospectiva por la época de obtención de datos, transversal porque se ha realizado en un tiempo determinado, descriptiva porque reseña cualidades de la población estudiada y de observación porque no se han manipulado las variables dependientes e independientes

3.2. Diseño de investigación

Corresponde al conjunto de métodos y procedimientos utilizados para encontrar respuestas a las preguntas de investigación, cuyo desarrollo y sistematización se ha ejecutado teniendo en cuenta el esquema siguiente:

Esquema: Diseño de investigación



3.3. Métodos o técnicas

En la presente investigación se han desarrollado un conjunto de procedimientos lógicos, a través de los cuales se han logrado dar respuesta al problema planteado y confirmado la hipótesis. En consecuencia, las actividades desarrolladas comprendieron en:

3.3.1. Etapa de pre campo

Comprendió la evaluación preliminar a partir de la consolidación de la información bibliográfica, acopio de datos, antecedentes y consulta a actores del entorno de la mina Huáscar; la revisión y definición de la metodología para el desarrollo de la tesis; y la delimitación de un tramo de la acequia por donde fluye el DAM de la mina Huáscar. La delimitación se realizó con el apoyo de información cartográfica y observancia in-situ mediante caminatas, estableciendo preliminarmente los puntos de muestreo donde se observan la predominancia de posibles especies vegetales potencialmente acumuladoras de metales pesados.

3.3.2. Etapa de campo

Consistió en el acopio de información a partir del establecimiento de los puntos de muestreo, tal como la georeferenciación con el equipo GPS, además de tomar nota de la altitud con un altímetro.

Los muestreos se llevaron a cabo, a partir de la bocamina en el curo de efluentes de mina Huáscar, con el propósito de determinar en adelante las concentraciones de metales pesados, consistiendo estas en:

- ✓ Muestreo de agua, en tres puntos y/o estaciones previamente establecidos en el curso de efluentes de mina Huáscar, equidistantes en un tramo aproximado de 1.5 Km.
- ✓ Muestreo de sustrato (lodo) en el curso de efluentes de mina Huáscar, en un tramo aproximado de 35 mts.
- ✓ Muestreo de especies vegetales (recolección de plantas: raíces y parte aérea) predominantes en el curso de efluentes de la mina Huáscar.

3.3.3. Etapa de laboratorio

En el Laboratorio de Calidad Ambiental de la FCAM-UNASAM, se realizaron los análisis de muestras de agua, sustrato (lodo) y especies vegetales (raíces y parte aérea) predominantes, logrando determinar las concentraciones de metales pesados. Los análisis se realizaron mediante métodos debidamente desarrollados y/o establecidos

Tabla 02: Descripción de métodos de análisis de muestras

Parámetro	Método
Cobre total	Espectrofotometría / Eosina-1, 10-Fenantrolina (en medio amoniacal los iones cobre (II) forman con un complejo azul que se determina fotométricamente.
Hierro total	Espectrofotometría / Triazina (todos los iones hierro se reducen a iones hierro (II). Estos en medio amortiguado con tioglicolato, forman un derivado de triazina un complejo violeta rojizo que se determina fotometricamente
Plata total	Espectrofotometría / CI-PAN (determinación fotométrica)
Plomo total	Espectrofotometría / Cuprizona (determinación fotométrica)
Zinc total	Espectrofotometría / PAR (en solución alcalina los iones zinc reaccionan con un derivado de peridilazo-naftol formando un complejo rojo. Este se extrae y se determina fotometricamente

En tanto que, la identificación de las especies vegetales predominantes, a partir de las muestras de raíces y partes aéreas se llevaron a cabo en el Herbarium Truxillense (HUT) de la Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Biológicas

3.3.4. Etapa de gabinete

Comprendió el procesamiento, análisis y evaluación de datos, esto es, se consolidaron los resultados de los análisis de muestras realizados en laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM y el Herbarium Truxillense (HUT) de la Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Biológicas, logrando establecer la predominancia de especies vegetales predominantes y acumuladoras de metales pesados asociadas al efluente de la mina Huáscar.

Finalmente, se procedió con la elaboración, redacción y edición del documento resultado de la investigación.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Son todas las especies vegetales predominantes presentes en el curso principal (aproximadamente 1.5 km.) del efluente de la mina Huáscar

3.4.2. Muestra

Previo al muestreo de especies predominantes, sustrato (lodo) y agua en el curso del efluente de mina Huascar, se realizó reconocimiento, con la finalidad de evaluar las condiciones del sitio, las rutas de acceso y los peligros potenciales asociados al muestreo.

a. Diseño y caracterización de muestras

El diseño se ha realizado teniendo en consideración para determinar las concentraciones de Cu, Fe, Ag, Pb y Zn, a través de los análisis de muestras y la identificación de las especies vegetales predominantes

Tabla 03: Diseño de muestra

Marco de muestreo	Unidad de muestreo	Tamaño de muestra	Método de muestreo	Unidad de análisis	Método de análisis
Efluente de la mina Huáscar	Agua	Muestras de efluente de mina Huáscar	Aleatorio estratificado	Metales pesados	Cu: Eosina-1, 10-Fenantrolina Fe: Triazina Ag: CI-PAN Pb: Cuprizona Zn: PAR
	Sustrato	Muestra de sustrato (lodo)			
	Especies vegetales predominantes	Muestras de raíz, tallo y hoja, por cada especie vegetal predominante			

b. Muestreos

- ✓ **Establecimiento de puntos de muestreo,** Referido a su ubicación, teniendo en consideración los criterios: identificación, accesibilidad, representatividad y seguridad.

- ✓ **Muestreo de agua**: Se realizó teniendo en cuenta que la muestra sea lo más representativa posible y así asegurar la integridad desde su recolección hasta el reporte de los resultados.

  Para determinar Metales Pesados, se utilizó frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpios de un litro de capacidad. Se

procedió abriendo el envase, enjuague por tres veces y sumergiendo a unos 20 cm por debajo de la superficie se tomaron las muestras y luego se preservo, embalo y se transportó al Laboratorio Calidad Ambiental FCAM-UNASAM para su análisis y reporte de resultados.

Tabla 04: Muestras de agua

Código de muestra	Descripción	Ubicación	
		Coordenadas (X-Y)	Altitud (m.s.n.m.)
AT1M1	Muestra del efluente de mina Huáscar, a la salida de la bocamina	0214342 - 8942722	3915
AT2M1	Muestra del efluente de la mina Huáscar, aproximadamente a 0.75 Km de la bocamina	0214505 - 8942892	3880
AT3M1	Muestra del efluente de la mina Huáscar, aproximadamente a 1.5 Km de la bocamina	0214895 - 8943235	3832

- ✓ **Muestreo de sustrato (lodo)**: Se realizó sumergiendo una pala (lampa) a una profundidad aproximada de 30 cm., muestreo de suelo a poca profundidad (CCME et al, 1993), en unos 25 m a lo largo del curso del efluente de mina Huáscar, a partir de la bocamina, donde se presencia especies vegetales predominantes

  Se colectaron un total de 3 muestras de sustrato, cada una de 1 Kg., cada muestra se envaso en bolsa de plástico zip-plock, se identificó, embalo y transportó al laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM para su análisis y reporte de resultados.

Tabla 05: Muestras de sustrato

Código de muestra	Descripción	Ubicación	
		Coordenadas (X-Y)	Altitud (m.s.n.m.)
ST1M1	Muestra de sustrato en el curso del efluente de mina Huáscar, a la salida de la bocamina	0214342 - 8942722	3915
ST1M2	Muestra de sustrato en el curso del efluente de mina Huáscar, a unos 15 m a salida de la bocamina	0214342 - 8942722	3880
ST1M3	Muestra de sustrato en el curso del efluente de mina Huáscar, a unos 30 m a salida de la bocamina	0214342 - 8942722	3832

- ✓ **Muestreo de especies vegetales predominantes para su análisis**: Se realizó en la misma área de muestreo de sustratos, acopiando cada planta con cuidado, evitando dañar las raíces, tallos u hojas. Se usó

tijeras de acero inoxidable para muestreo de partes aéreas de las plantas (Subhashini, 2013)

Se muestreo seis (06) especies vegetales predominantes, de 150 a 250 gramos aproximadamente (peso húmedo) por muestra, entre ellos las partes de raíz y aéreas (tallos y hojas). Cada muestra se envaso en bolsa de plástico zip-plock, se identificó, embalo y transportó al laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM para su análisis y reporte de resultados.

Tabla 06: Muestras de especies vegetales predominantes

Código de muestra	Descripción	Ubicación	
		Coordenadas (X-Y)	Altitud (m.s.n.m.)
RT1P1	Muestra de raíz, en tramo 1, especie 1	0214342 - 8942722	3915
TT1P1	Muestra de tallo, en tramo 1, especie 1	0214342 - 8942722	3915
RT1P2	Muestra de raíz, en tramo 1, especie 2	0214342 - 8942722	3915
TT1P2	Muestra de tallo, en tramo 1, especie 2	0214342 - 8942722	3915
RT1P3	Muestra de raíz, en tramo 1, especie 3	0214342 - 8942722	3915
TT1P3	Muestra de tallo, en tramo 1, especie 3	0214342 - 8942722	3915
RT1P4	Muestra de raíz, en tramo 1, especie 4	0214342 - 8942722	3915
TT1P4	Muestra de tallo, en tramo 1, especie 4	0214342 - 8942722	3915
HT1P4	Muestra de hoja, en tramo 1, especie 4	0214342 - 8942722	3915
RT1P5	Muestra de raíz, en tramo 1, especie 5	0214342 - 8942722	3915
TT1P5	Muestra de tallo, en tramo 1, especie 5	0214342 - 8942722	3915
HT1P5	Muestra de hoja, en tramo 1, especie 5	0214342 - 8942722	3915
RT1P6	Muestra de raíz, en tramo 1, especie 6	0214342 - 8942722	3915
TT1P6	Muestra de tallo, en tramo 1, especie 6	0214342 - 8942722	3915
HT1P6	Muestra de hoja, en tramo 1, especie 6	0214342 - 8942722	3915

- ✓ **Colecta de especies vegetales predominantes para su identificación,** Observado la predominancia de las especies, con cuidado se acopio por triplicado integradamente cada planta con flores y semillas (OSINFOR - Protocolo para la Herborización, 2013)

  Cada planta acopiada fue cuidadosamente colocado en forma extendida sobre periódicos y cubiertas también con periódicos, en seguida se acondiciono en prensas de madera y sujetadas con hilo pabilo.

Finalmente, se codifico, embalo y transportó al Herbarium Truxillense (HUT) de la Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Biológicas para su identificación y reporte de resultados.

Tabla 07: Colecta de especies vegetales predominantes

Código de colecta	Descripción	Ubicación	
		Coordenadas (X-Y)	Altitud (m.s.n.m.)
Especie 1	Muestra de raíz y tallo, en tramo 1.	0214342 - 8942722	3915
Especie 2	Muestra de raíz y tallo, en tramo 1.	0214342 - 8942722	3915
Especie 3	Muestra de raíz y tallo, en tramo 1.	0214342 - 8942722	3915
Especie 4	Muestra de raíz, tallo y hoja, en tramo.	0214342 - 8942722	3915
Especie 5	Muestra de raíz, tallo y hoja, en tramo.	0214342 - 8942722	3915
Especie 6	Muestra de raíz, tallo y hoja, en tramo.	0214342 - 8942722	3915

c. Tratamiento preliminar de muestras para el análisis

✓ **Tratamiento de muestras de agua**

Se llevó a través de la digestión con HNO_3 porque digiere en forma adecuada la mayoría de muestras, además de para reducir la interferencia causada por la presencia de materia orgánica y convertir el metal asociado con el material particulado a una forma que pueda ser determinada por espectrofotometría.

Ha sido necesario la digestión de muestras con HNO_3, porque se entiende que por contar con muestras de efluentes de mina o asociados a ello, estas contienen materia orgánica difícil de oxidar, además de existir presencia de minerales. Por consiguiente, la digestión de muestras se logró con:

- Agitar bien la muestra y transferir un volumen conveniente (100 a 500 ml) en un frasco Erlenmeyer.
- Agregar 5 ml de ácido nítrico concentrado.
- Llevar a evaporación sobre una plancha de calentamiento hasta reducir el volumen a 15 o 20 ml evitando la ebullición.
- Enfriar, agregar 5 ml de ácido nítrico concentrado, cubrir con una luna de reloj y calentar para obtener un reflujo leve.

- Continuar el calentamiento con reflujo hasta completar la digestión y obtener un líquido incoloro o ligeramente amarillo.

- Enfriar, agregar 1 a 2 ml de ácido nítrico concentrado y calentar levemente para disolver cualquier residuo.

- Enfriar la muestra, lavar las paredes del frasco Erlenmeyer con agua destilada y filtrar.

- Transferir cuidadosamente el filtrado a un frasco volumétrico y completar con agua destilada al volumen inicial de muestra tomado para el análisis

✓ **Tratamiento de muestras sustrato (lodo)**

Previo al análisis, la muestra de sustrato (lodo) fue tratado siguiendo los pasos siguientes:

- Aproximadamente 0.5 Kg de porción homogenizada de sustrato (lodo) se llevó a secar a temperatura de ambiente por 7 días

- Se tamizó el sustrato homogenizado seco, con el tamiz de malla 45 mμ.

- Se pesó un (01) gramo de sustrato (lodo) seco tamizado, y se colocó en un recipiente de teflón.

- El sustrato (lodo) seco se atacado con las mezclas de ácidos; 5 ml de HNO_3 p.a. y 15 ml de HCl p.a., a una temperatura de 100 °C, por tres (03) horas, sobre una plancha de calentamiento, logrando un extracto digerido.

- Se llevó a enfriar el extracto digerido y se enrazó hasta 100 ml con agua destilada, luego se centrifugó a 3000 rpm, durante 20 minutos, quedando listo para su análisis.

✓ **Tratamiento de muestras de especies vegetales predominantes**

Previo al análisis, las muestras de especies vegetales predominantes fue tratado siguiendo los pasos siguientes:

- Las muestras fueron lavadas con agua destilada.

- Se secó una porción homogenizada de planta (parte raíz, tallo u hoja) a temperatura de ambiente por 7 días.

- Se trituró la planta seca lo más fino posible, de forma separada cada parte

- Se pesó 01 gramo de cada parte, previamente tamizada, y se colocó en un recipiente de teflón cada una de ellas.

- Se atacó con las mezclas de ácidos; 5 ml de HNO_3 p.a. y 15 ml de HCl p.a., a una temperatura de 100 °C, por tres horas, por tres (03) horas, sobre una plancha de calentamiento, logrando un extracto digerido.

- Se llevó a enfriar el extracto digerido y se enrazó hasta 100 ml con agua destilada, luego se centrifugó a 3000 rpm, durante 20 minutos, quedando listo para su análisis.

- Todas las muestras fueron sometidas a análisis de metales totales por ICP dentro de los 14 días siguientes a su recolección. Se mantuvieron registros de cadena de custodia (anexo N°05) de todas las muestras que fueron enviadas al Laboratorio SAG, para ser analizadas.

d. Análisis de muestras

Las muestras preliminarmente tratadas se analizaron en el Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM, para lo cual se aplicaron métodos, para:

- ✓ Espectrofotometría / Eosina-1, 10-Fenantrolina, para análisis de Cobre Total.

- ✓ Espectrofotometría / Triazina, para análisis de Hierro Total

- ✓ Espectrofotometría / CI-PAN, para análisis de de Plata Total

- ✓ Espectrofotometría / Cuprizona, para análisis de Plomo Total

- ✓ Espectrofotometría / PAR, para análisis de Zinc Total

3.5. Instrumentos de recolección de datos

En el entendido de que la recolección de datos se refiere al uso de una gran diversidad de técnicas y herramientas que pueden ser utilizadas para desarrollar la información obtenida, en particular en la presente investigación, los instrumentos de recolección de datos usados son:

Bibliográfico, se estableció un sistema que permitió la identificación y verificación de todo el material recolectado, acopiando y ordenando los datos a través de las fichas y en la computadora generando varios archivos, las que permitió la obtención de la información realmente necesaria de la investigación, posteriormente se compararon los datos obtenidos, las mismas que permitieron interpretaciones coherentes y concluir con la validez y confiabilidad de los resultados.

La **entrevista informal**, se realizó con algunos actores del entorno a la mina Huáscar, ubicados en momentos previos a las tomas de muestras, entablándose una conversación espontanea, esto es, sin haber estructurado una lista de preguntas con antelación, en el entendido que se tenía claro los aspectos sobre los que quiso indagar. Por ejemplo, se indago sobre las razones de porque dejo de operar la mina Huáscar, desde que fecha y si existió algún entendimiento entre el titular de la mina y los pobladores del entorno.

La **observación**, en el mismo lugar de la mina Huáscar a partir de la bocamina hacia aguas abajo e inmediaciones, se observó las condiciones actuales de sitio, puesta de manifiesto como pasivo ambiental minero. Las observaciones se describieron y se plasmó con anotaciones en una libreta de campo para posteriormente ser tomados en cuenta, previa organización de la información acopiada

Los **documentos y registros**, se examinaron y se tomaron nota de la escasa información proporcionada por la Dirección Regional de Energía Minas - Ancash (DREM – Ancash), que se sintetiza en la concordancia que existe con el inventario de pasivos ambientales mineros al año 2019.

3.6. Procesamiento y análisis estadístico de la in formación

Acopiado antecedentes y datos relacionados a la investigación, esto es, para Identificar las especies vegetales acumuladoras de metales pesados asociada al efluente de la mina Huáscar, se procedió como sigue:

La **determinación de los metales pesados**, se realizó en el Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM, mediante análisis previamente establecidos y cuyos resultados de muestran en los Anexos 1, 2 y 3 como Informes de Ensayo. Asimismo, los resultados de análisis de muestras de efluentes de la mina Huáscar, se comparan con los Límites Máximos Permisibles (Véase: Tablas 08 y 09), entendido como: medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente liquido de actividades minero - metalúrgicas, y que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

Tabla 08: Niveles Máximos Permisibles de Emisión para Unidades Minero - Metalúrgicas

Parámetro	Valor en cualquier momento	Valor promedio anual
pH	Mayor que 6 y Menor que 9	Mayor que 6 y Menor que 9
Sólidos suspendidos (mg/l)	50	25
Plomo (mg/l)	0.4	0.2
Cobre (mg/l)	1.0	0.3
Zinc (mg/l)	3.0	1.0
Fierro	2.0	1.0
Arsénico (mg/l)	1.0	0.5
Cianuro total (mg/l)	1.0	1.0

Fuente: Resolución Ministerial N° 011-96-EM/VMM del 10/enero/1996

Tabla 09: Límites Máximos Permisibles para la Descarga de Efluentes Líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas

Parámetro	Unidad	Limite en cualquier momento	Límite para el promedio anual
pH		6-9	6-9
ST en suspensión	mg/l	50	25
Aceites y grasas	mg/l	20	16
Cianuro total	mg/l	1	0.8
Arsénico total	mg/l	0.1	0.08
Cadmio total	mg/l	0.05	0.04
Cromo hexavalente	mg/l	0.1	0.08
Cobre total	mg/l	0.5	0.4
Hierro (Disuelto)	mg/l	2	1.6
Plomo total	mg/l	0.2	0.16
Mercurio total	mg/l	0.002	0.0016
Zinc total	mg/l	1.5	1.2

Fuente: Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM del 20/agosto/2010

La **identificación de especies predominantes**, Se realizaron en el Herbarium Truxillense (HUT) de la Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Biológicas, siguiendo los pasos de la clasificación de las especies vegetales. Según los esfuerzos de John Ray (1628 - 1705) con más de 18.000 plantas descritas y la gran labor del sueco Carl Linneo (1707 – 1778) que sentó las bases de la actual taxonomía, campo concreto de la ciencia que se ocupa de describir y clasificar la gran diversidad de especies que cuenta la naturaleza

- **Taxonomía y nomenclatura,** La taxonomía es la disciplina biológica referida a la teoría y práctica de la clasificación de los organismos. La sistemática es el estudio científico de las clases y diversidad de los organismos y de todas las relaciones entre ellos. Ambas palabras se utilizan con el mismo sentido.

  La corrección a la hora de escribir los nombres científicos es compleja y tiene un código admitido internacionalmente, el Código de Nomenclatura Botánica (International Code of Botanical Nomenclature). Éste regula la nomenclatura de los taxones. Taxón es un concepto abstracto que agrupa a un conjunto de individuos (en este caso plantas) con la finalidad de clasificarlos en un sistema jerárquico. Los rangos aceptados de mayor a menor son: Reino, División, Clase, Orden, Familia, Género, Especie, Variedad, Forma. La especie es el rango básico de la clasificación botánica

- La **nomenclatura del sistema binomial**, Los nombres científicos siempre se escriben en latín y en cursiva. Están compuestos por dos partes: la primera, que siempre se escribe con mayúscula, es el género, y la segunda, que siempre se escribe en minúscula, es la especie.

  Muchas veces el nombre científico viene acompañado de un nombre o unas iniciales: son las iniciales del nombre de la persona que la describió por primera vez.

El **cálculo de las relaciones de concentración,** El factor de concentración de metales en la especie vegetal predominante se calculó de acuerdo al método propuesto por (Olivares y Peña, 2009), tal como:

$FC_{raíz} = [metal]_{raíz} / [metal]_{SSEVP}$

$FC_{aérea} = [metal]_{aérea} / [metal]_{SSEVP}$

$FC_{EVP} = FC_{raíz} + FC_{aérea}$

Donde:

FC_{EVP} Factor de concentración de la especie vegetal predominante

$FC_{raíz}$ Factor de concentración de la raíz de la especie vegetal predominante

$FC_{aérea}$ Factor de concentración de la parte aérea de la especie vegetal predominante

$[metal]_{raíz}$ Concentración del metal en la raíz de la planta en mg/Kg.

$[metal]_{aérea}$ Concentración del metal en la parte aérea de la planta en mg/Kg.

$[metal]_{SSEVP}$ Concentración de metal en el sustrato soporte de la especie vegetal predominante

La **categorización de las plantas**, se realizó en función al factor concentración, así se tienen:

- ✓ Factor de concentración en la parte aérea de la planta (Baker, 1981).

  Si el BCFaérea < 1 la planta es excluyente

  Si el 1 < BCFaérea > 10 la planta es acumuladora

  Si el BCFaérea > 10 la planta es hiperacumuladora

- ✓ Factor de bioconcentración en la parte raíz de la planta (Baker, 1981).

  Si el BCFraíz < 1 la planta es excluyente

  Si el 1 < BCFraíz > 10 la planta es acumuladora

  Si el BCFraíz > 10 la planta es hiperacumuladora

El **análisis de datos**, se ha tomado como base los datos de la investigación. En seguida, se ha interpretado los resultados, producto de haber recolectado, procesado estadísticamente (reportes de laboratorio) y organizado los resultados. Finalmente, se ha redactado, editado e imprimido el informe de investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Caracterización del efluente de la mina Huáscar

Resultados de análisis de muestras de efluentes de mina Huáscar (Tramo 1). Tabla 10, consolidado de los reportes de laboratorio, y sus Gráficos 01 al 05.

Tabla 10: Metales Pesados del Efluente de mina Huáscar, Tramo 1

CODIGO	CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS				
	Cu	Fe	Ag	Pb	Zn
Muestras de agua	(mg/lt)	(mg/lt)	(mg/lt)	(mg/lt)	(mg/lt)
AT1M1	0.25	206.00	0.25	18.50	15.00
AT1M2	0.27	198.00	0.19	17.70	18.00
AT1M3	0.23	212.00	0.21	16.98	16.00
AT1M4	0.28	214.00	0.18	18.32	14.00
AT1M5	0.23	227.00	0.26	17.00	19.00
AT1M6	0.29	218.00	0.22	16.80	14.00

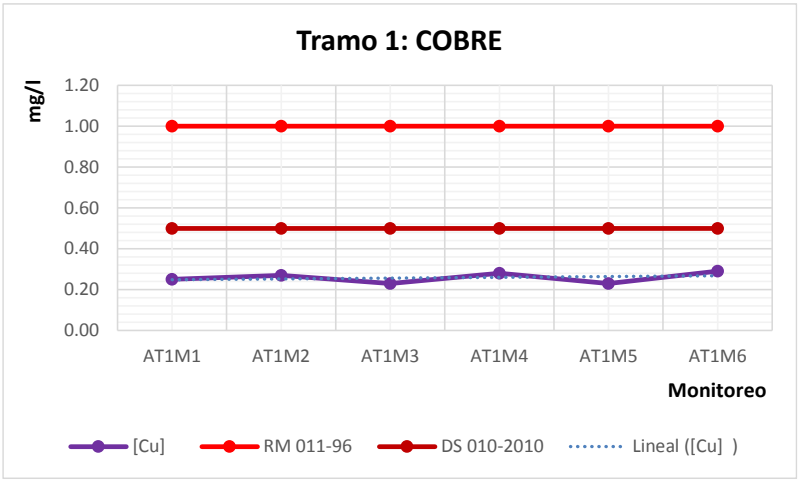


Gráfico 01: [Cu] y LMP (mg/l), Tramo 1

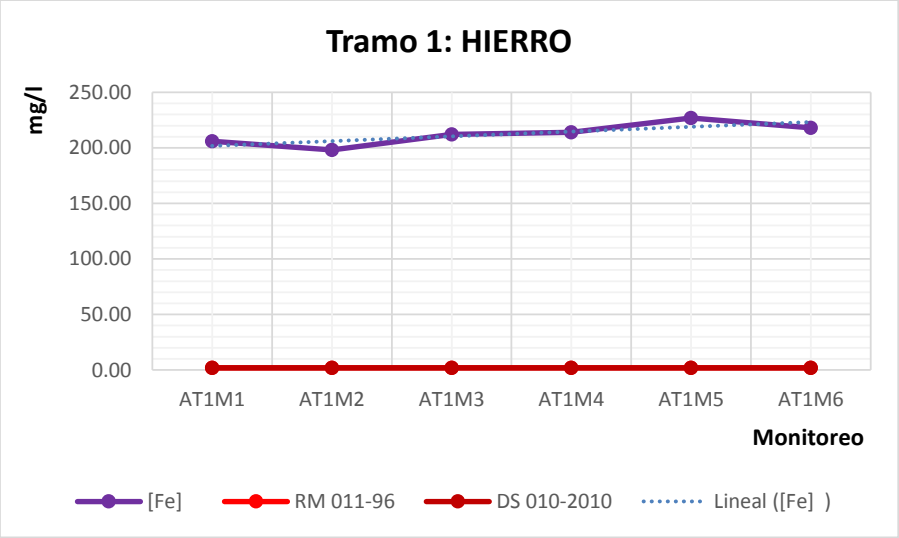


Gráfico 02: [Fe] y LMP (mg/l), Tramo 1

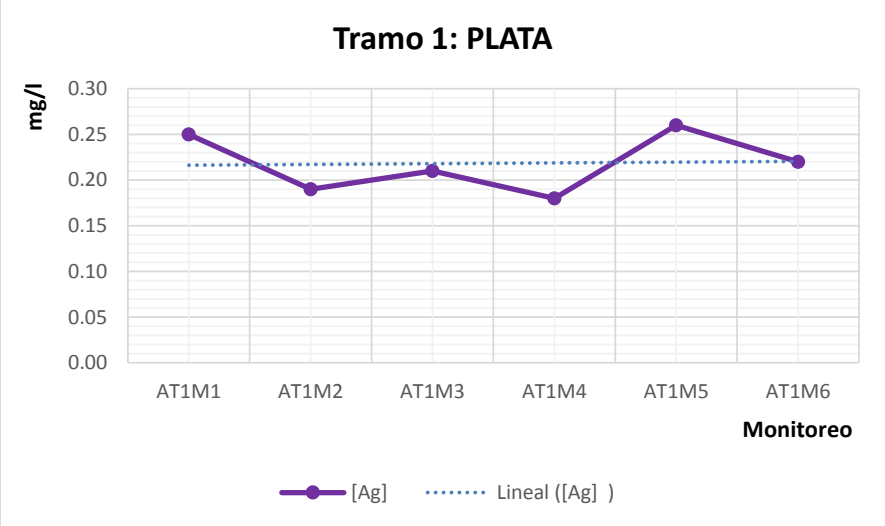


Gráfico 03: [Ag] y LMP (mg/l), Tramo 1

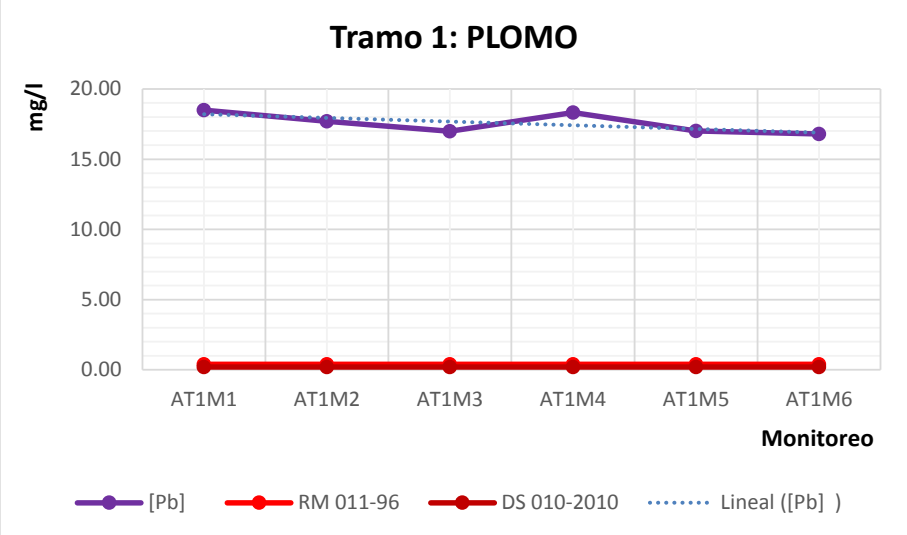


Gráfico 04: [Pb] y LMP (mg/l), Tramo 1

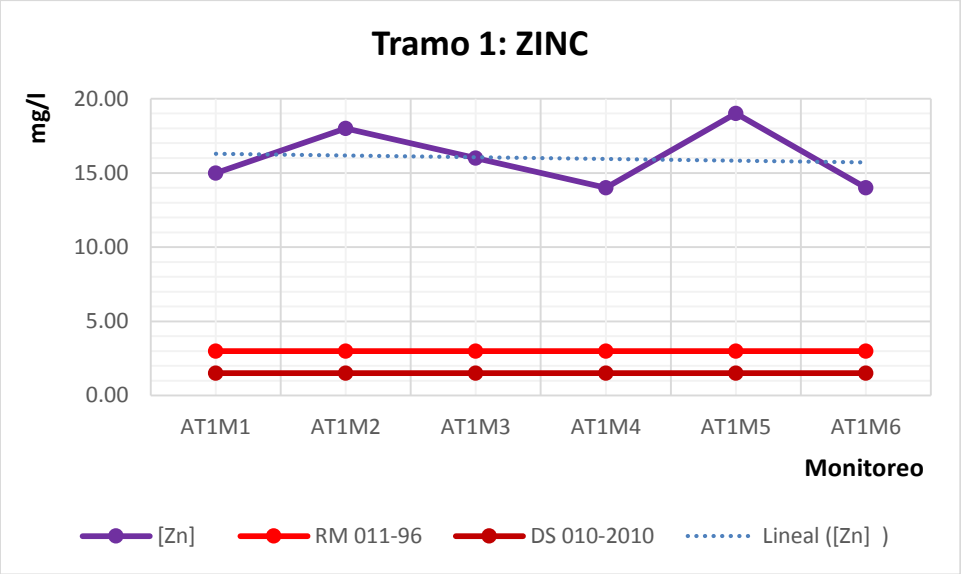


Gráfico 05: [Zn] y LMP (mg/l), Tramo 1

Resultados de análisis de muestras de efluentes de mina Huáscar (Tramo 2). Tabla 11, consolidado de los reportes de laboratorio, y sus Gráficos 06 al 10.

Tabla 11: Metales Pesados del Efluente de mina Huáscar, Tramo 2

CODIGO	CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS				
	Cu	Fe	Ag	Pb	Zn
Muestras de agua	(mg/lt)	(mg/lt)	(mg/lt)	(mg/lt)	(mg/lt)
AT2M1	0.22	159.00	0.25	18.50	46.70
AT2M2	0.19	162.00	0.21	17.46	32.00
AT2M3	0.23	159.00	0.19	16.90	34.60
AT2M4	0.24	167.00	0.21	16.76	32.00
AT2M5	0.22	154.00	0.20	15.98	29.00
AT2M6	0.20	158.00	0.19	16.10	31.00

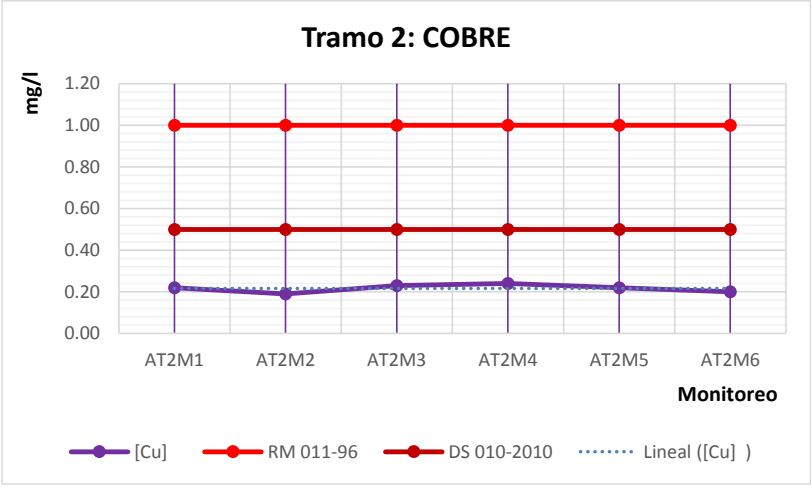


Gráfico 06: [Cu] y LMP (mg/l), Tramo 2

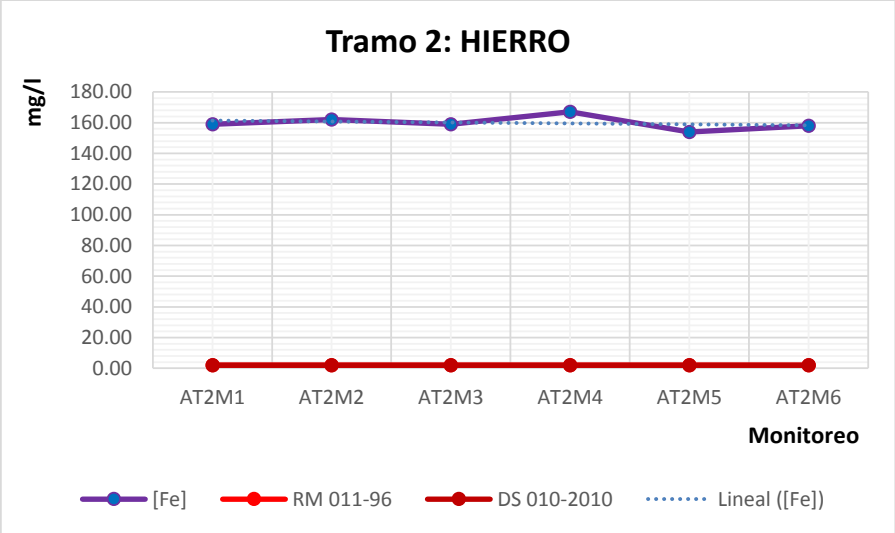


Gráfico 07: [Fe] y LMP (mg/l), Tramo 2

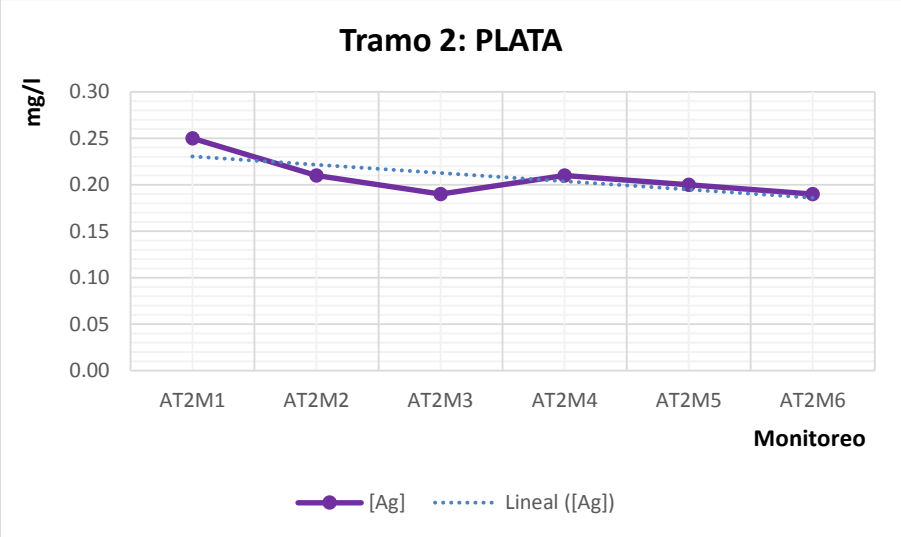


Gráfico 08: [Ag] y LMP (mg/l), Tramo 2

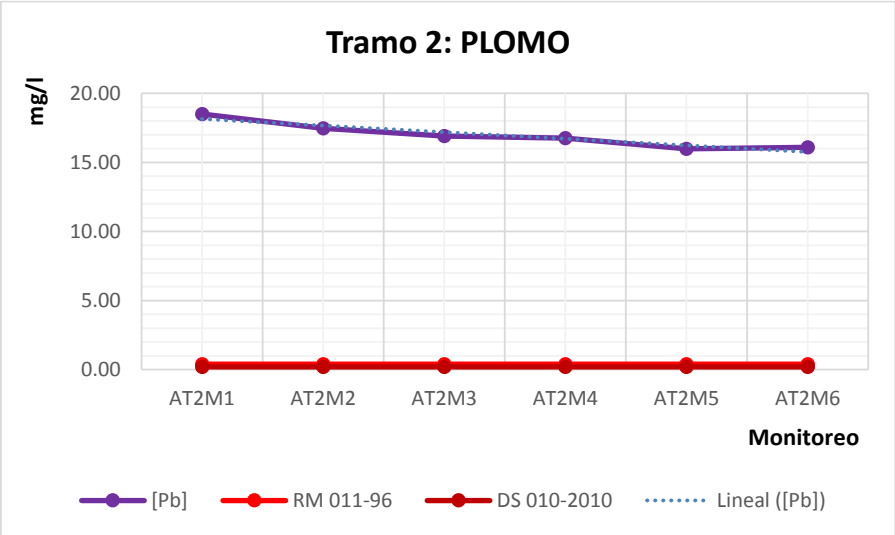


Gráfico 09: [Pb] y LMP (mg/l), Tramo 2

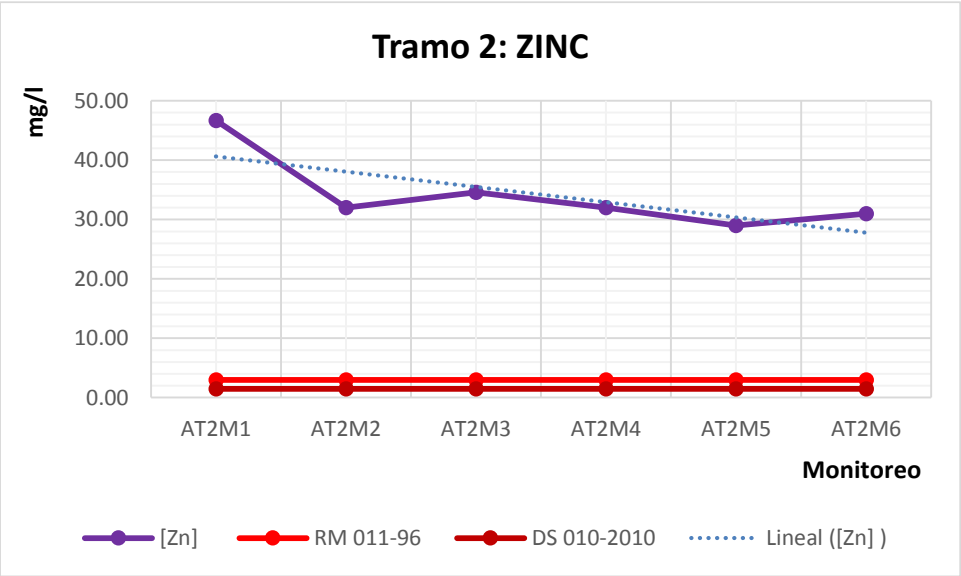


Gráfico 10: [Zn] y LMP (mg/l), Tramo 2

Resultados de análisis de muestras de efluentes de mina Huáscar (Tramo 3). Tabla 12, consolidado de los reportes de laboratorio, y sus Gráficos 11 al 15

Tabla 12: Metales Pesados del Efluente de mina Huáscar, Tramo 3

CODIGO	CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS				
	Cu	Fe	Ag	Pb	Zn
Muestras de agua	(mg/lt)	(mg/lt)	(mg/lt)	(mg/lt)	(mg/lt)
AT3M1	0.18	172.00	0.25	9.80	11.50
AT3M2	0.16	168.00	0.14	8.96	10.80
AT3M3	0.20	172.00	0.13	9.01	11.30
AT3M4	0.21	178.00	0.17	9.54	10.90
AT3M5	0.23	167.00	0.16	9.37	10.80
AT3M6	0.19	174.00	0.18	9.45	11.10

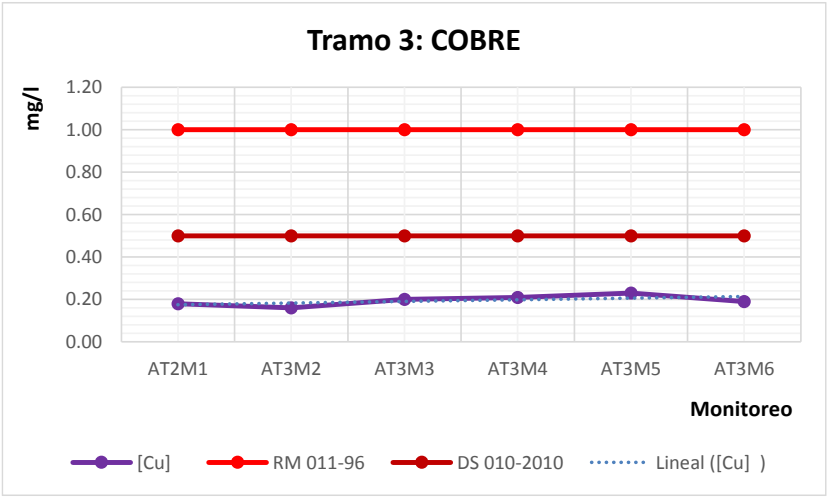


Gráfico 11: [Cu] y LMP (mg/l), Tramo 3

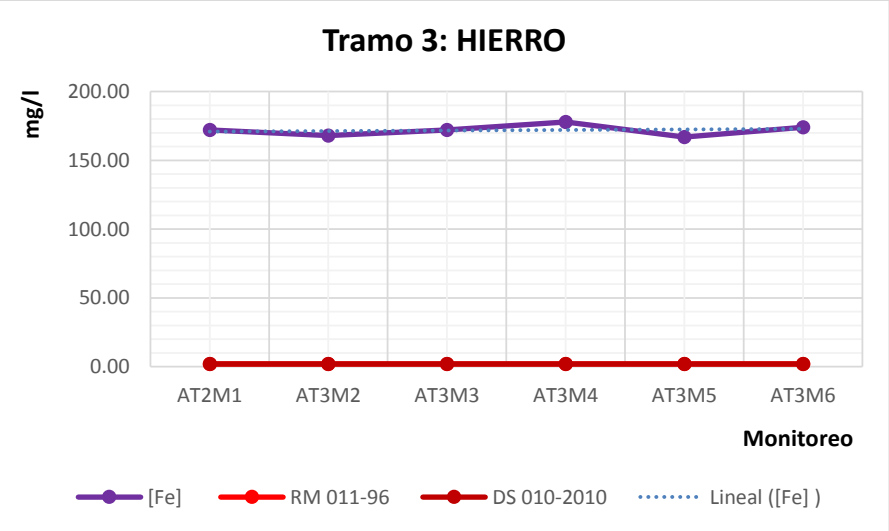


Gráfico 12: [Fe] y LMP (mg/l), Tramo 3

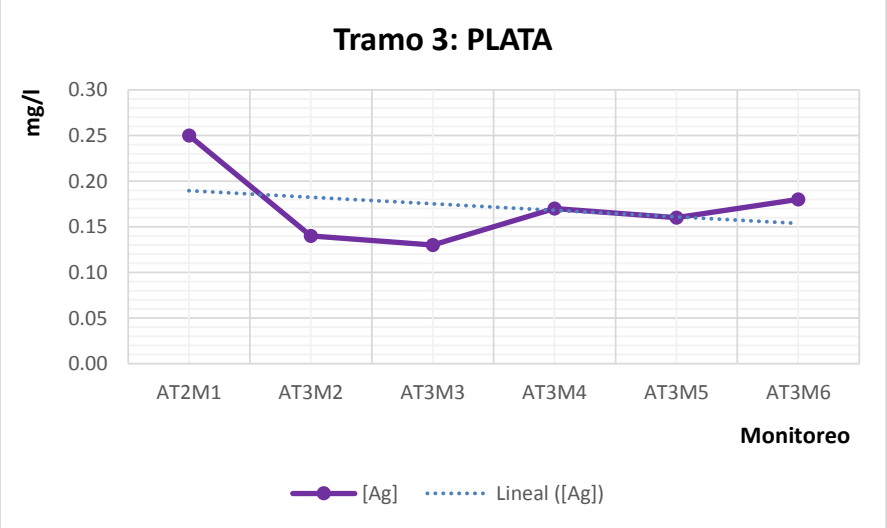


Gráfico 13: [Ag] y LMP (mg/l), Tramo 3

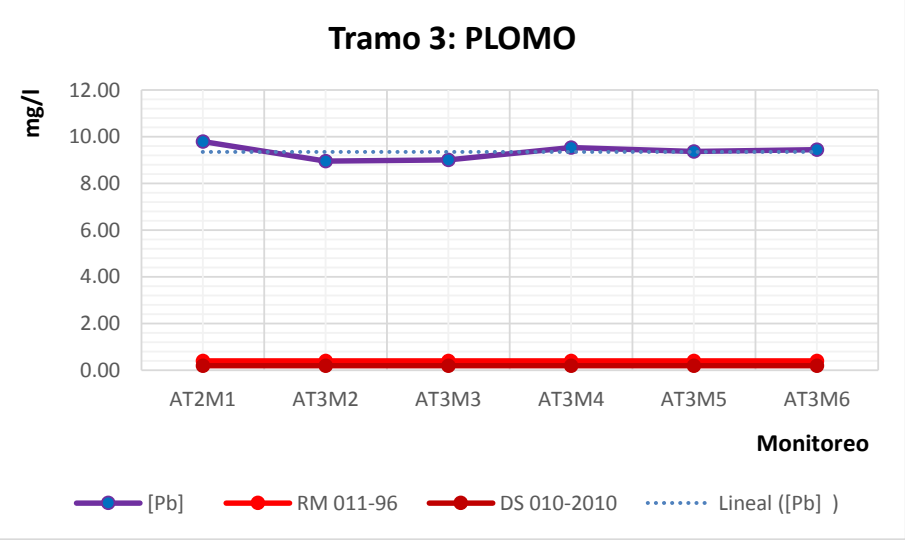


Gráfico 14: [Pb] y LMP (mg/l), Tramo 3

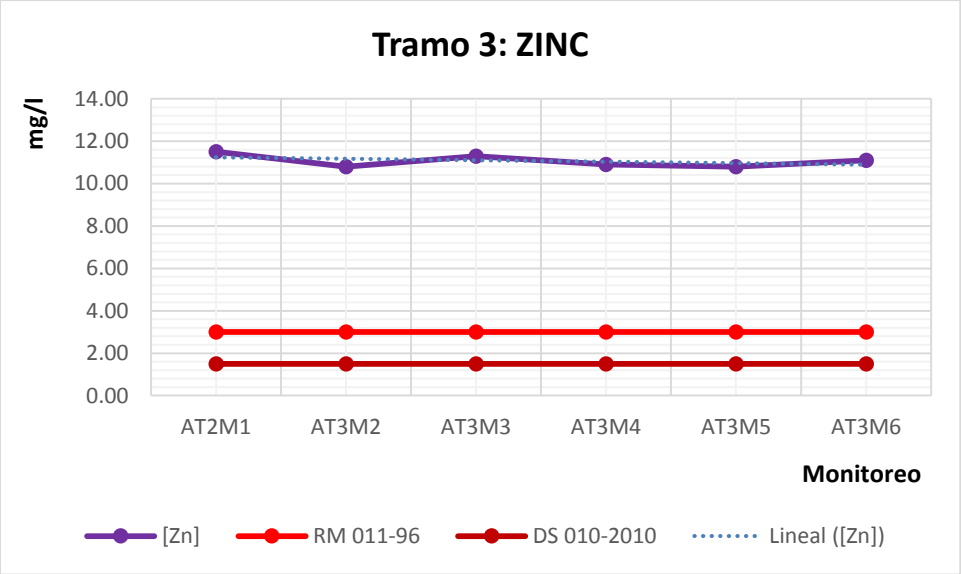


Gráfico 15: [Zn] y LMP (mg/l), Tramo 3

Resultados de análisis de muestras de efluentes de mina Huáscar, promedio de los tramos 1, 2 y 3, respectivamente. Tabla 13, consolidado promediados de los reportes de laboratorio.

Tabla 13: Metales Pesados del Efluente de mina Huáscar, Promedio

CODIGO	CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS				
	Cu	Fe	Ag	Pb	Zn
Muestras de agua	(mg/lt)	(mg/lt)	(mg/lt)	(mg/lt)	(mg/lt)
AT1M1	0.26	212.50	0.22	29.25	16.00
AT2M1	0.22	159.83	0.21	16.95	34.22
AT3M1	0.20	171.83	0.17	9.36	11.07

En los seis monitoreos ejecutados en el efluente (agua) de mina Huáscar, en cada uno de los tramos 1, 2 y 3, con una frecuencia mensual a partir de junio 2017, en referencia a los Límites Máximos Permisibles establecidos en la RM N° 011-96-EM/VMM y DS N° 010-2010-MINAM, las concentraciones de: Cobre, son inferiores a 1.00 y 0.5 mg/l; Hierro son superiores a 2.0 y 2.0 mg/l; Plomo, superiores a 0.4 y 0.2 mg/l; y Zinc son superiores a 3.0 y 1.5, respectivamente.

En el efluente (agua) de mina Huáscar, Tramos 1, 2 y 3, se evidencia en promedio altas concentraciones de: Hierro (159.83 -212.50 mg/l), Plomo (9.36 – 29.25) y Zinc (11.07 – 34.22). Asimismo, entre los Tramos 1, 2 y 3, se tiene baja concentración en promedio de Cu (0.20- 0.26 mg/l).

4.2. Concentración de metales pesados en el sustrato (lodo)

Resultados de análisis de muestras de sustratos (lodos) en el curso del efluente de mina Huáscar (Tramo 1). Tabla 14, consolidado de los reportes de laboratorio, y sus Gráficos 16 al 20

Tabla 14: Metales Pesados en el Sustrato (Lodo), curso del efluente de mina Huáscar (Tramo 1)

CODIGO Muestras de sustrato	CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS				
	Cu (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Ag (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
ST1M1	5.25	848.80	3.10	844.85	5.92
ST1M2	5.21	832.00	3.15	835.46	5.72
ST1M3	4.98	825.00	1.17	832.12	5.65
ST1M4	4.90	837.00	3.06	846.24	5.39
ST1M5	5.13	823.00	3.11	815.45	6.10
ST1M6	5.16	832.00	3.14	831.43	5.84

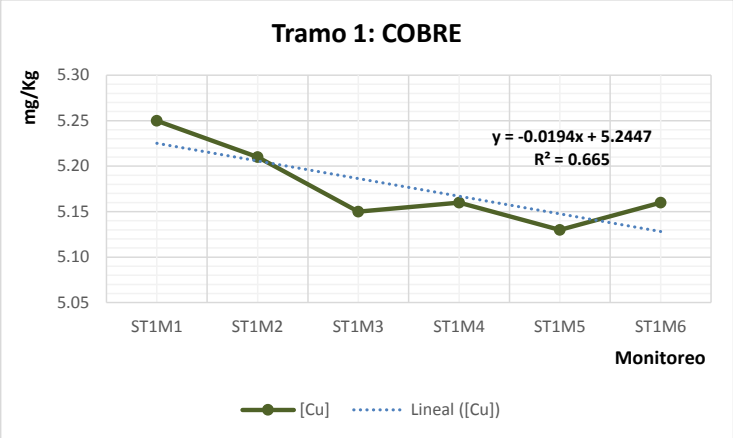


Gráfico 16: Sustrato [Cu] (mg/Kg), Tramo 1

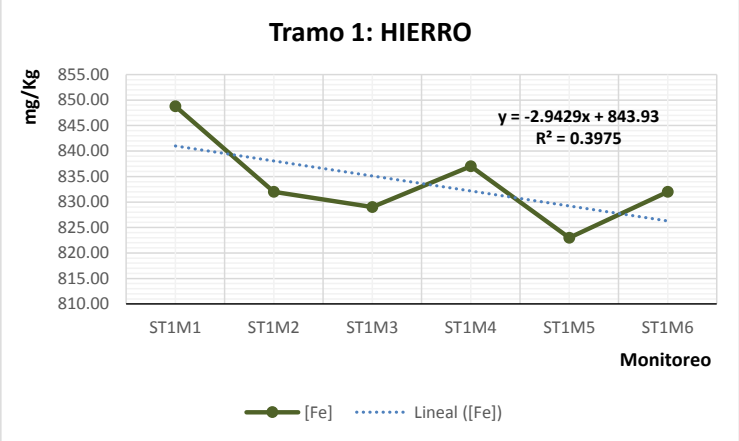


Gráfico 17: Sustrato [Fe] (mg/Kg), Tramo 1

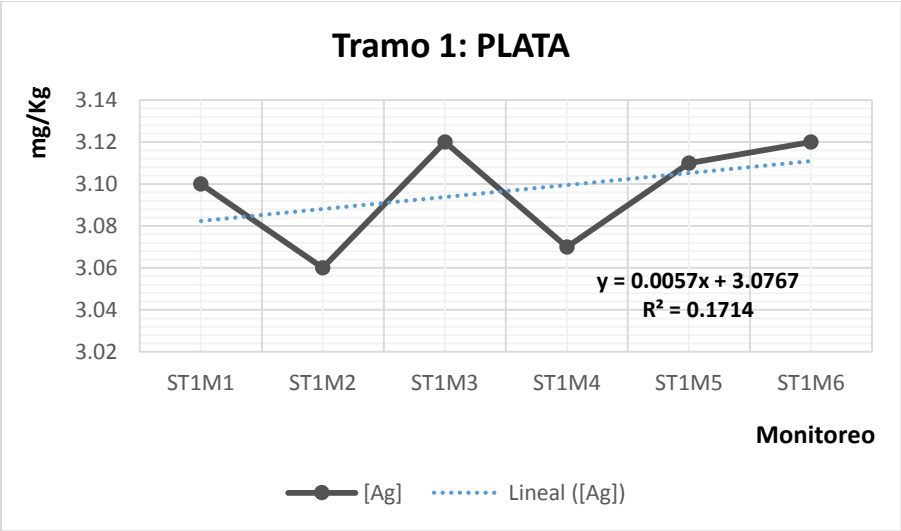


Gráfico 18: Sustrato [Ag] (mg/Kg), Tramo 1

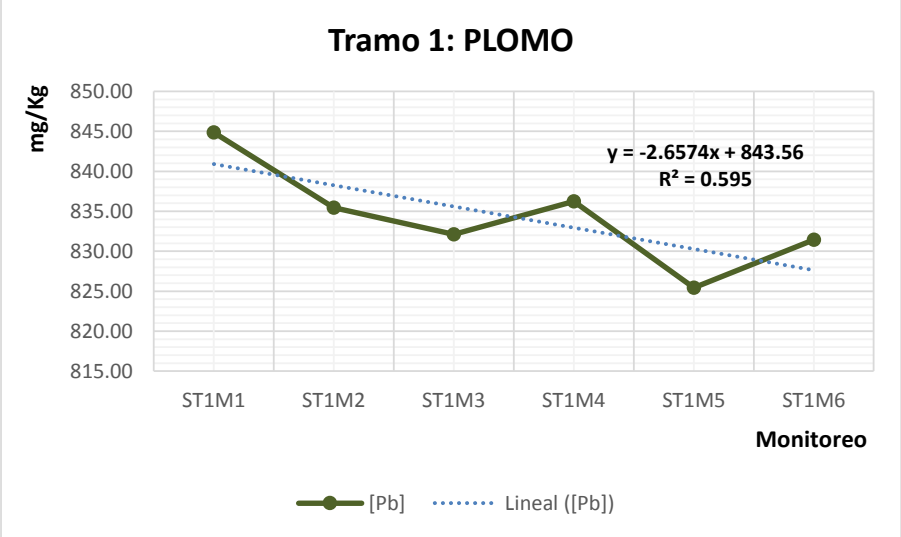


Gráfico 19: Sustrato [Pb] (mg/Kg), Tramo 1

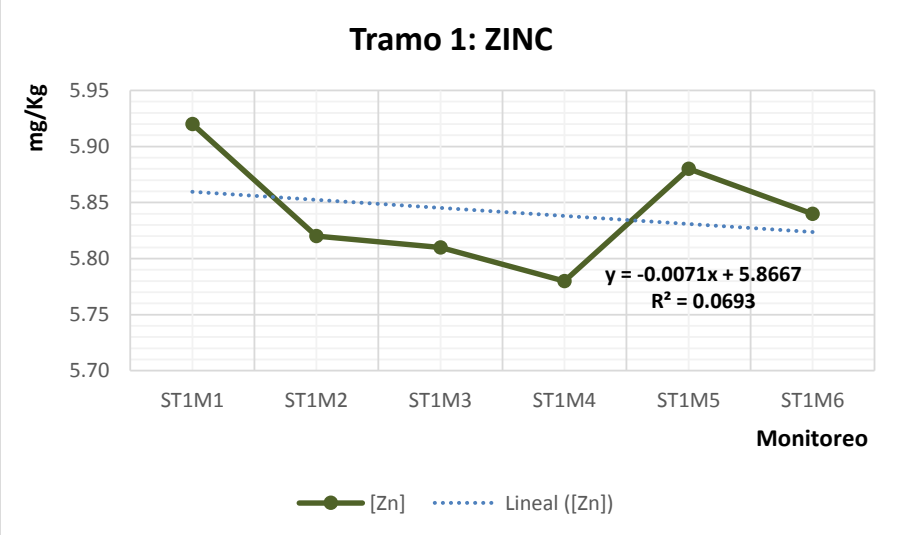


Gráfico 20: Sustrato [Zn] (mg/Kg), Tramo 1

Resultados de análisis de muestras de sustratos (lodos) en el curso del efluente de mina Huáscar (Tramo 1). Tabla 15, consolidado de los reportes de laboratorio

Tabla 15: Promedio de Metales Pesados en el Sustrato (Lodo), curso del efluente de mina Huáscar (Tramo 1)

CODIGO Muestras de sustrato	CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS				
	Cu (mg/Kg)	Fe (mg/Kg)	Ag (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
ST1M1	5.18	833.63	3.10	834.26	5.84

En los seis monitoreos ejecutados con una frecuencia mensual a partir de junio 2017, las concentraciones de Cu (4.90 – 5.25 mg/Kg), Fe (823.00 - 848.80 mg/Kg), Ag (1.17 – 3.15 mg/Kg), Pb (815.45 – 831.43 mg/Kg) y Zn (5.39 – 6.10 mg/Kg), en el curso del efluente de mina Huáscar, muestran tendencias y/o variaciones leves.

Es imprescindible señalar incidencia del efluente de la mina Huáscar hacia el Sustrato (Lodo), a partir de las altas concentraciones promedio de Cu (5.18 mg/Kg), Fe (833.63 mg/Kg), Ag (3.10 mg/Kg), Pb (834.26 mg/Kg) y Zn (5.84 mg/Kg).

4.3. Concentración de metales pesados en las especies vegetales

Resultados de análisis de muestras de especies vegetales predominantes en el curso del efluente de mina Huáscar (Tramo 1). Tabla 16, consolidado de los reportes de laboratorio.

Tabla 16: Metales Pesados en Especies Vegetales, Tramo 1

CODIGO	CONCENTRACIONES DE METALES PESADOS				
	Cu	Fe	Ag	Pb	Zn
Muestras de plantas	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)	(mg/Kg)
RT1P1	4.30	421.96	1.90	42.77	0.95
TT1P1	4.30	92.69	1.30	42.77	0.47
RT1P2	10.20	423.26	1.10	92.95	0.95
TT1P2	9.50	178.11	1.40	7.11	0.96
RT1P3	4.70	187.81	1.80	294.35	0.97
TT1P3	2.80	118.58	1.00	21.10	1.00
RT1P4	12.40	423.58	1.00	76.53	1.00
TT1P4	3.30	182.26	1.00	43.90	0.98
HT1P4	6.70	114.32	1.20	14.70	0.68
RT1P5	7.10	80.33	1.10	101.72	0.81
TT1P5	3.80	177.24	1.00	106.69	0.25
HT1P5	7.70	188.29	1.30	40.31	0.50
RT1P6	17.60	309.43	1.50	116.41	0.98
TT1P6	5.80	131.36	1.20	24.80	0.97
HT1P6	10.40	202.23	1.00	14.30	0.39

Cada una de las partes (raíz, tallo y hoja) de las especies vegetales predominantes en el curso del efluente de la mina Huáscar, presentan presencia de metales (Cu, Fe, Ag, Pb y Zn), diferenciándose en su concentración, unos con respectos a los otros.

La presencia de metales en las especies vegetales se debería a sus Mecanismos de vida de las plantas, que logran: absorver agua y minerales disueltos que hay en el sustrato (lodo) a través de la raíz; respirar para obtener energía, sobre todo a través de las estomas de las hojas, con la necesidad de abastecerse permanentemente de energía; circulación de la sabia elaborada llevando alimento, con el tejido xilema conduce el agua y los minerales disueltos que absorben las raíces, en tanto que, con el tejido floema transforma las sustancias orgánicas elaboradas por las hojas

4.4. Identificación de especies vegetales predominantes

Resultados de las concentración de metales pesados y los factores de concentración en especies vegetales predominantes en el curso del efluente de la mina Huáscar (Tramo 1). Tablas 17 al 21, [metal] y factor de concentración.

Tabla 17: [Cu] y Factores de Concentración en Especies Vegetales

CODIGO	[METAL]	FACTORES DE CONCENTRACIÓ		
Muestras de plantas	Cu (mg/Kg)	$FC_{raíz}$	$FC_{aérea}$	FC_{EVP}
RT1P1	4.30	0.819	0.819	1.638
TT1P1	4.30			
RT1P2	10.20	1.943	1.810	3.752
TT1P2	9.50			
RT1P3	4.70	0.895	0.533	1.429
TT1P3	2.80			
RT1P4	12.40	2.362	1.905	4.267
TT1P4	3.30			
HT1P4	6.70			
RT1P5	7.10	1.352	2.190	3.543
TT1P5	3.80			
HT1P5	7.70			
RT1P6	17.60	3.352	3.086	6.438
TT1P6	5.80			
HT1P6	10.40			

Muestra de sustrato	Cu (mg/Kg)
ST1M1	5.25

Muestras de agua	Cu (mg/lt)
AT1M1	0.25
AT2M1	0.22
AT3M1	0.18

Nota:

$FC_{raíz} = [metal]_{raíz} / [metal]_{SSEVP}$

$FC_{aérea} = [metal]_{aérea} / [metal]_{SSEVP}$

$FC_{EVP} = FC_{raíz} + FC_{aérea}$

Si $1 < FC_{EVP} < 10$, la planta es acumuladora

Si $FC_{EVP} < 1$, la planta es excluyente

Los Factores de Concentración, miden la capacidad de captación del Cobre por cada una de las especies vegetales con relación a su concentración en el sustrato (lodo). En consecuencia, todas las especies vegetales son acumuladoras de Cobre, porque sus Factores de Concentración se ubican entre 1 y 10. Asimismo, la especie vegetal 6 es el mayor acumulador de cobre, y la especie vegetal 3 es el menor acumulador de Cobre.

Tabla 18: [Fe] y Factores de Concentración en Especies Vegetales

CODIGO	[METAL]	FACTORES DE CONCENTRACIÓ		
Muestras de plantas	Fe (mg/Kg)	$FC_{raíz}$	$FC_{aérea}$	FC_{EVP}
RT1P1	421.96	0.497	0.109	0.606
TT1P1	92.69			
RT1P2	423.26	0.499	0.210	0.708
TT1P2	178.11			
RT1P3	187.81	0.221	0.140	0.361
TT1P3	118.58			
RT1P4	423.58			
TT1P4	182.26	0.499	0.349	0.848
HT1P4	114.32			
RT1P5	80.33			
TT1P5	177.24	0.095	0.431	0.525
HT1P5	188.29			
RT1P6	309.43			
TT1P6	131.36	0.365	0.393	0.758
HT1P6	202.23			

Muestra de sustrato	Fe (mg/Kg)
ST1M1	848.80

Muestras de agua	Fe (mg/lt)
AT1M1	206.00
AT2M1	159.00
AT3M1	172.00

Nota:

$FC_{raíz} = [metal]_{raíz} / [metal]_{SSEVP}$

$FC_{aérea} = [metal]_{aérea} / [metal]_{SSEVP}$

$FC_{EVP} = FC_{raíz} + FC_{aérea}$

Si $1 < FC_{EVP} < 10$, la planta es acumuladora

Si $FC_{EVP} < 1$, la planta es excluyente

Los Factores de Concentración, miden la capacidad de captación del Hierro por cada una de las especies vegetales con relación a su concentración en el sustrato (lodo). En consecuencia, todas las especies vegetales son excluyentes de Hierro, porque sus Factores de Concentración se ubican por debajo de 1.

Asimismo, la especie vegetal 3 se constituye en el más excluyente de Hierro, en tanto que, la especie vegetal 4 se constituye en el menos excluyente de Hierro, respectivamente.

Tabla 19: [Ag] y Factores de Concentración en Especies Vegetales

CODIGO	[METAL]	FACTORES DE CONCENTRACIÓ		
Muestras de plantas	Ag (mg/Kg)	$FC_{raíz}$	$FC_{aérea}$	FC_{EVP}
RT1P1	1.90	0.613	0.419	1.032
TT1P1	1.30			
RT1P2	1.10	0.355	0.452	0.806
TT1P2	1.40			
RT1P3	1.80	0.581	0.323	0.903
TT1P3	1.00			
RT1P4	1.00			
TT1P4	1.00	0.323	0.710	1.032
HT1P4	1.20			
RT1P5	1.10			
TT1P5	1.00	0.355	0.742	1.097
HT1P5	1.30			
RT1P6	1.50			
TT1P6	1.20	0.484	0.710	1.194
HT1P6	1.00			

Muestra de sustrato	Ag (mg/Kg)
ST1M1	3.10

Muestras de agua	Ag (mg/lt)
AT1M1	0.25
AT2M1	0.25
AT3M1	0.25

Nota:

$FC_{raíz} = [metal]_{raíz} / [metal]_{SSEVP}$

$FC_{aérea} = [metal]_{aérea} / [metal]_{SSEVP}$

$FC_{EVP} = FC_{raíz} + FC_{aérea}$

Si $1 < FC_{EVP} < 10$, la planta es acumuladora

Si $FC_{EVP} < 1$, la planta es excluyente

Los Factores de Concentración, miden la capacidad de captación de la Plata por cada una de las especies vegetales con relación a su concentración en el sustrato (lodo). En consecuencia, especies vegetales 1, 4, 5 y 6 son acumuladoras de Plata, porque sus Factores de Concentración se ubican entre 1 y 10, en tanto que, las especies vegetales 2 y 3 son excluyentes de Plata, porque sus Factores de Concentración se ubican por debajo de 1

Asimismo, la especie vegetal 6 se constituye en el mayor acumulador de Plata, en tanto que, la especie vegetal 2 se constituye en el más excluyente de Plata, respectivamente.

Tabla 20: [Pb] y Factores de Concentración en Especies Vegetales

CODIGO	[METAL]	FACTORES DE CONCENTRACIÓ		
Muestras de plantas	Pb (mg/Kg)	$FC_{raíz}$	$FC_{aérea}$	FC_{EVP}
RT1P1	42.77	0.051	0.051	0.101
TT1P1	42.77			
RT1P2	92.95	0.110	0.008	0.118
TT1P2	7.11			
RT1P3	294.35	0.348	0.025	0.373
TT1P3	21.10			
RT1P4	76.53			
TT1P4	43.90	0.091	0.069	0.160
HT1P4	14.70			
RT1P5	101.72			
TT1P5	106.69	0.120	0.174	0.294
HT1P5	40.31			
RT1P6	116.41			
TT1P6	24.80	0.138	0.046	0.184
HT1P6	14.30			

Muestra de sustrato	Pb (mg/Kg)
ST1M1	844.85

Muestras de agua	Pb (mg/lt)
AT1M1	18.50
AT2M1	18.50
AT3M1	9.80

Nota:

$FC_{raíz} = [metal]_{raíz} / [metal]_{SSEVP}$

$FC_{aérea} = [metal]_{aérea} / [metal]_{SSEVP}$

$FC_{EVP} = FC_{raíz} + FC_{aérea}$

Si $1 < FC_{EVP} < 10$, la planta es acumuladora

Si $FC_{EVP} < 1$, la planta es excluyente

Los Factores de Concentración, miden la capacidad de captación del Plomo por cada una de las especies vegetales con relación a su concentración en el sustrato (lodo). En consecuencia, todas las especies vegetales son excluyentes de Plomo, porque sus Factores de Concentración se ubican por debajo de 1

Asimismo, la especie vegetal 1 se constituye en el más excluyente de Hierro, en tanto que, la especie vegetal 3 se constituye en el menos excluyente de Hierro, respectivamente.

Tabla 21: [Zn] y Factores de Concentración en Especies Vegetales

CODIGO	[METAL]	FACTORES DE CONCENTRACIÓ		
Muestras de plantas	Zn (mg/Kg)	$FC_{raíz}$	$FC_{aérea}$	FC_{EVP}
RT1P1	0.95	0.160	0.079	0.240
TT1P1	0.47			
RT1P2	0.95	0.160	0.162	0.323
TT1P2	0.96			
RT1P3	0.97	0.164	0.169	0.333
TT1P3	1.00			
RT1P4	1.00			
TT1P4	0.98	0.169	0.280	0.449
HT1P4	0.68			
RT1P5	0.81			
TT1P5	0.25	0.137	0.127	0.264
HT1P5	0.50			
RT1P6	0.98			
TT1P6	0.97	0.166	0.230	0.395
HT1P6	0.39			

Muestra de sustrato	Zn (mg/Kg)
ST1M1	5.92

Muestras de agua	Zn (mg/lt)
AT1M1	15.00
AT2M1	46.70
AT3M1	11.50

Nota:

$FC_{raíz} = [metal]_{raíz} / [metal]_{SSEVP}$

$FC_{aérea} = [metal]_{aérea} / [metal]_{SSEVP}$

$FC_{EVP} = FC_{raíz} + FC_{aérea}$

Si $1 < FC_{EVP} < 10$, la planta es acumuladora

Si $FC_{EVP} < 1$, la planta es excluyente

Los Factores de Concentración, miden la capacidad de captación del Zinc por cada una de las especies vegetales con relación a su concentración en el sustrato (lodo). En consecuencia, todas las especies vegetales son excluyentes de Zinc, porque sus Factores de Concentración se ubican por debajo de 1

Asimismo, la especie vegetal 1 se constituye en el más excluyente de Hierro, en tanto que, la especie vegetal 4 se constituye en el menos excluyente de Hierro, respectivamente

Descripción de las especies vegetales predominantes:

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Cyperaceae
Genero	Scirpus

Plantas anuales o perennes, arrosetadas; plantas hermafroditas; crece en humedales y suelos húmedos; se hallan adaptadas a medios pantanosos; prefieren bordes de flujos de agua; tienen hojas tipo gramíneas.

Planta perenne rizomatosa con tallos de entre 40 y 100 cm de longitud y de sección trígona con 2 - 3 vainas superiores de limbo folíaceo. La brácea inferior excede la inflorescencia como una prolongación del tallo

Imagen 01: *Scirpus pungens M. Vahí*

Imagen 02: *Polypogon interruptus H.B.K.*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Genero	Polypogon

Plantas anuales o perennes. Hojas con vainade márgenes libres; membranosa; limbo plano, Inflorescencia en panícula densa, con ramas lisas o escábridas y pedúnculos articulados., con 1 flor hermafrodita articulada con arista terminal, membranosa, ovario glabro. cariopsis surcada.

Es un género de plantas herbáceas perteneciente a la familia de las poáceas. Es originario de la región del Mediterráneo hasta el oeste de Asia

Reino	Plantae
División	Pteridophyta
Clase	Equisetopsida
Orden	Equisetales
Familia	Equisetaceae
Genero	Equisetum

Planta erecta o subpostrada, de hasta 50 cm de alto, con rizomas muy ramificados y oscuros

Tiene tallos que alcanzan un tamaño de 20-60(-100) cm x 1-2 mm, con 5-6 crestas bianguladas, verdes, con segmentos sulcados y parduscos, con dientes papiráceos; estomas dispersos a lo largo de los valles; estróbilos obtusos

Se encuentra en sitios húmedos a una altitud de 1000-3000 m.s.n.m.

nombre vernacular: cola de caballo

Imagen 03: *Equisetum bogotense Kunth*

Imagen 04: *Veronica anagallis-aquatica L.*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Lamiales
Familia	Plantaginaceae
Genero	Veronica

Es una especie que se distingue por sus hojas lanceoladas, ligeramente dentadas, hojas superiores sentadas. Flores azules con venas violeta, de 5-10 mm de diámetro, en inflorescencias espiciformes largas desde las axilas de las hojas superiores. Lóbulos calicinos erectos cuando fructifica (curvados hacia abajo al fructificar. Florece a final de primavera y verano.

Es una especie de la familia de las plantagináceas.

Habita en lugares muy húmedos, junto a cursos de agua y arroyos.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Genero	Gamochaeta

Son hierbas anuales o bianuales, que alcanzan un tamaño de hasta 0.6 m de alto; tallos ramificados. Hojas basales arrosetadas, base truncada y abrazando al tallo, márgenes enteros, verde brillante, envés tomentoso, las hojas caulinares linear-oblongas a espatuladas, gradualmente más pequeñas hacia la parte superior, ápice obtuso a agudo, las internas linear-oblongas, ápice obtuso a redondeado, ocasional, las corolas filiformes, las corolas angostamente tubulares,

nombre vernacular: oreja de conejo

Imagen 05: *Gamochaeta americana (Miller) Weddell*

Imagen 06: *Hedeoma manoloniana Weddell*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Lamiales
Familia	Plantaginaceae
Genero	Hedeoma

Hedeoma es un género de plantas de la familia de la menta, lamiaceae. Es originaria de América del Norte y del Sur. Ellos son comúnmente conocidos como falsos pennyroyals.

Es una planta aromática (conocido como orégano chiquito) es utilizado por los nativos del noroeste de México para dar sabor a varios alimentos.

Es una hierba que alcanza un tamaño de 6 a 25 cm de altura, es aromática y peluda. Las hojas tienen forma ovada

nombre vernacular: hierba buena

En el curso del efluente de mina Huáscar, Tramo 1, se han logrado identificar seis especies vegetales, las mismas que fueron acopiadas y ordenadas (P1, P2, P3, P4, P5 y P6), teniendo en consideración su predominancia, entendido como los más abundantes en cantidad y cobertura de espacios donde se desarrollan. Por consiguiente, las especies vegetales identificadas son

P1 *Scirpus pungens M. Vahí*

P2 *Polypogon interruptus H.B.K.*

P3 *Equisetum bogotense Kunth*

P4 *Veronica anagallis-aquatica L.*

P5 *Gamochaeta americana (Miller) Weddell*

P6 *Hedeoma manoloniana Weddell*

Cada especie vegetal identificado ha sido descrito en forma resumida y se ha establecido su taxonomía precisando su pertenencia a: Reino, División, Clase, Orden, Familia, Género y especie (nombre científico)

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. En relación a caracterización del efluente de la mina Huáscar

Los límites Máximos Permisibles (LMP) en cualquier momento de Cu (0.5 mg/l), Hierro (2.0 mg/l), Plomo (0.2 mg/l) y Zinc (1.5 mg/l), es en concreto, la medida de la concentración, que caracterizan al efluente de la mina Huáscar producto de las actividades de extracción de minerales que ocurrieron en el pasado y que en la actualidad se muestra como pasivo minero, y que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Sin embargo, estuviese en pleno desarrollo de sus actividades, su cumplimiento puede ser exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el sistema de gestión ambiental (Art. 3, numeral: 3.4. D. S. Nº 010-2010-MINAM / Art. 32 Ley N° 28611 - Ley General del Ambiente).

En el efluente (agua) de mina Huáscar, Tramos 1, 2 y 3, producto de los análisis de muestras en el Laboratorio, evidencian presencia de metales con comportamientos que indican poca variación entre periodos monitoreados, ello puede es deducible porque ha logrado cierta estabilidad por el tiempo que ha dejado se trabajarse la mina.

Entre las concentraciones de metales, en comparación con los Límites Máximos Permisibles (D. S. Nº 010-2010-MINAM), sobresalen en exceso las concentraciones de Hierro con 212.50 mg/l (425 veces más que el LMP), Plomo con 29.25 mg/l (146 veces más que el LMP) y Zinc con 34.22 mg/l (23 veces más que el LMP); producto que la mina en polimetálica y que en su momento recupero los metales Plomo, Plata y Zinc.

Altas concentraciones de metales en el efluente de la mina Huáscar, se derivan producto que en su momento la explotación (extracción) de minerales estuvo orientado a recuperar Plomo Plata y Zinc, producto de su formación polimetálica.

5.2. En relación a concentración de metales pesados en el sustrato (lodo)

Los resultados de las concentración de metales pesados en el sustrato (lodo) en el curso del efluente de mina Huáscar, muestran que estas son altas, en promedio de 5.18 mg/l de Cobre, 833.63 mg/l Hierro, 3.10 mg/l de Plata, 834.26 de Plomo y 5.84 mg/l de Zinc. Las concentraciones de metales pesados toma suma importancia debido a que se constituye como soporte de plantas que se desarrollan en el medio y se evidencian por su predominancia, ello explicaría entonces que las plantas son acumuladoras o exluyentes de metales pesados.

En general, la actividad minera desarrollada en la mina Huáscar y su dinámica de evolución en el entorno (inmediaciones) muestran haber tenido incidencia con el impacto de las concentraciones de los metales pesados en sustrato (lodo), esto considerando las altas concentraciones. Las variaciones de concentración entre los metales pueden derivar de la descarga de materiales finos de interior mina a través de sus efluentes

5.3. En relación a concentración de metales pesados en las especies vegetales

Cada una de las partes (raíz, tallo y hoja) de las especies vegetales predominantes en el curso del efluente de la mina Huáscar, presentan presencia de metales (Cu, Fe, Ag, Pb y Zn), diferenciándose en su concentración, unos con respectos a los otros.

La presencia de metales en las especies vegetales se debería a sus Mecanismos de vida de las plantas, que logran: absorver agua y minerales disueltos que hay en el sustrato (lodo) a través de la raíz; respirar para obtener energía, sobre todo a través de las estomas de las hojas, con la necesidad de abastecerse permanentemente de energía; circulación de la sabia elaborada llevando alimento, con el tejido xilema conduce el agua y los minerales disueltos que absorben las raíces, en tanto que, con el tejido floema transforma las sustancias orgánicas elaboradas por las hojas

5.4. En relación a identificación de especies vegetales predominantes

La investigación demuestra que existen plantas en el curso del efluente de mina Huáscar, con capacidad de concentrar elementos potencialmente tóxicos en sus tejidos. Ello debido a la acumulación del sustrato (lodo) soporte de la especie vegetal, que se encuentra en la base o lecho por donde fluye el efluente de mina. Diversos estudios permiten definir la vegetación como un indicador útil de la concentración de metales pesados en un medio donde la raíz de la planta consume metales que pueden integrarse al ambiente a escalas espacial y temporal (Pugh, Dick & Fredeen, 2002)

En la investigación, como acumuladores de Cobre, se identificaron a las especies: *Scirpus pungens M. Vahí, Polypogon interruptus H.B.K., Equisetum bogotense Kunth, Veronica anagallis-aquatica L., Gamochaeta americana (Miller) Weddell* y *Hedeoma manoloniana Weddell. En tanto que, como acumuladores de Plata, se identificaron a las especies: Scirpus pungens M. Vahí, Veronica anagallis-aquatica L., Gamochaeta americana (Miller) Weddell* y *Hedeoma manoloniana Weddell. Por su* adaptación desarrollada durante varias generaciones han estado en contacto con la fuente de contaminación, en el entendido de su existencia en contacto con el efluente de mina Huáscar

Asimismo, en la investigación como excluyentes de Hierro, Plomo y Zinc, se identificaron a las especies: *Scirpus pungens M. Vahí, Polypogon interruptus H.B.K., Equisetum bogotense Kunth, Veronica anagallis-aquatica L., Gamochaeta americana (Miller) Weddell* y *Hedeoma manoloniana Weddell. En tanto que, como excluyentes de Plata, se identificaron a las especies: Polypogon interruptus H.B.K., Equisetum bogotense Kunth.*

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

El efluente de la mina Huáscar, en promedio se caracteriza por su alto contenido de Fe, Ag, Pb y Zn, además de su bajo contenido de Cu, en comparación a los Límites Máximos Permisibles (D. S. Nº 010-2010-MINAM). Por consiguiente, registra los siguientes contenidos: A la salida de la bocamina 0.26 mg/l Cu, 212.50 mg/l Fe, 0.22 mg/l Ag, 29.25 mg/l Pb y 16.00 mg/l Zn; A 0.75 Km aguas abajo de la bocamina: 0.22 mg/l Cu, 159.83 mg/l Fe, 0.21 mg/l Ag, 16.95 mg/l Pb y 34.22 mg/l Zn; y A 1.5 Km aguas abajo de la bocamina: 0.20 mg/l Cu, 171.83 mg/l Fe, 0.17 mg/l Ag, 9.36 mg/l Pb y 11.07 mg/l Zn.

En el sustrato (lodo) en el curso de la mina Huáscar a la salida de la bocamina, en promedio se caracteriza por su alto contenido de 5.18 mg/Kg Cu, 833.63 mg/Kg Fe, 3.10 mg/Kg Ag, 834.26 mg/Kg Pb y 5.84 mg/Kg Zn, teniendo como referencia concentraciones muy bajas en suelos para cultivo de plantas para consumo humano.

Se identificaron seis (06) especies vegetales predominantes que se desarrollan en el curso principal del efluente de la mina Huáscar, siendo estas: *Scirpus pungens M. Vahi, Polypogon interrruptus H.B.K., Equisetum bogotense Kunth, Voeronica anagallis-aquatica L., Gamochaeta americana (Miller) Weddell y Hedeoma manoloniana Weddell*.

Las variadas presencias de concentraciones de Cu, Fe, Ag, Pb y Zn en las especies vegetales predominantes, determinan a través de sus factores de concentración (FC) si la planta es acumuladora o excluyente respecto al metal

específico. Se concluye que: *Scirpus pungens M. Vahi* (acumula Cu y Ag, y excluye Fe, Pb y Zn)*, Polypogon interrruptus H.B.K.* (acumula Cu, y excluye Fe, Ag, Pb y Zn)*, Equisetum bogotense Kunth*(acumula Cu, y excluye Fe, Ag, Pb y Zn)*, Voeronica anagallis-aquatica L.* (acumula Cu y Ag, y excluye Fe, Pb y Zn)*, Gamochaeta americana (Miller) Weddell* (acumula Cu y Ag, y excluye Fe, Pb y Zn) *y Hedeoma manoloniana Weddell* (acumula Cu y Ag, y excluye Fe, Pb y Zn).

6.2. Recomendaciones

Caracterizar las aguas que drenan de los desmontes de mina que se encuentran en las inmediaciones de la mina Huáscar, con el propósito de establecer sus implicancias al medio receptor.

Caracterizar los desmontes existentes en las inmediaciones de la mina Huáscar con el propósito de proyectar su cierre definitivo garantizando su estabilidad física.

Establecer niveles de confianza y credibilidad mediante espacios de acercamiento con la población del entorno para viabilizar futuras investigaciones y difundir sus resultados

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Árcega-Cabrera, F., Castillo-Blum, E., & Armienta, M. A. (2010). Tetraethyl lead release from sediments in a mineimpacted tropical river. Rev. Int. Contam. Ambie. 26 -34

Armienta, M. A., Talavera, O., Morton, O., & Barrera, M. (2003). Geochemistry of metals from mine tailings in Taxco, México. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 71, 387-393

Audet, P; Charest, C. (2007). "Dynamics of arbuscular mycorrhizal symbiosis in heavy metal phytoremediation: Meta-analytical and conceptual perspectives". Environmental Pollution. Recuperado: http://mycorrhi za.ag.utk.edu/latest/lates t07/07_8audet1.htm

Autoridad Nacional del Agua. (2010). Plan nacional de recursos hídricos. 1 (5). pp.5-38. Lima, Perú. ANA.

Baker, A.J.M, Walker, P.L. (1990) "Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants". Recuperado: http://books.google.es/books/about/He avyMe tal_Tolerance_in_ Plants.htm l?hl=es&id=kvsPo4Et5scC

Baker, A.J.M., (1981) "Accumulators and excluders: strategies in the response of plants to heavy metals

Baker, A.J.M., (1981) "Accumulators and excluders: strategies in the response of plants to heavy metals".

Blowes, D. W., Ptacek, C. J., Jambor, J. L., & Weisener, C. G. (2003). The geochemistry of acid mine drainage (pp. 149-204). En: Environmental Geochemistry, Treatise on Geochemistry 9. Lollar, B. S. (ed.). Amsterdam: Elsevier

CCME - Canadian Conunsil of Ministers of the Environment. (1993). "Guidance Manual on Sampling, Analysis, and Data Management for Contaminated Sites". Volume I: Main Report. The National Contaminated Sites Remediation Program. (19 de Mayo de 2013). Recuperado: http://www.ccme.ca/assets/pdf/pn_1101_e.pdf

Chaney, R.L. & P.M. Giordano (1977) "Microelements as related to plant deficiencies and toxicities" In: L.F. Elliott and F.J. Stevenson; "Soils for management of organic wastes and wastewaters". Recuperado: http://www.so ils.org/publications /books/articles/acsesspublicati/soilsformanagem/frontmatter

Congreso de la Republica (2004). Ley N° 28271, Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera. Lima, Perú.

Contraloría General de la República (2013). Minería en Colombia, Fundamentos para superar el modelo extractivista. Bogotá, Colombia.

Ernst, W:H:O: (1996) “Bioavailability of heavy metals and decontamination of soil by plants”. Applied Geochemistry

González-Toril, E., Llobet-Brossa, E., Casamayor, E. O., Amann, R., & Amils, R. (2003). Microbial ecology of an extreme acidic environment. The Tinto River. Appl. Environ. Microbiol., 69, 4853-4865

Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Acido de Minas. Recuperado: http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/guias/ma nejoagua.pdf

Guzmán, G., & Thalasso, F. (2011). Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río San Pedro en el estado de aguas calientes, México. Rev. Int. Contam. Ambie, 27(2), pp. 115–127. México

I.E.S. MMG 2014 – 2015, Fundamentos Agronómicos, 1º CGM Agraria – Jardinería y Floristería

Inocencio-Flores, D., Velázquez-Machuca, M. A., PimentelEquihua, J. L., Montañez-Soto, J. L., & Venegas-González, J. (2013). Hydrochemistry of groundwater in the Duero River basin and regulations for domestic use. Water Technology and Sciences, 4(5), 111-126

International Union of Pure and Applied Chemistry - IUPAC. (2002) ““Heavy Metals” - A Meaningless Term? By John H. Duffus. Chemistry and Human Health Division. Clinical Chemistry Section, Commission on Toxicology. United Kingdom. Pure Appl. Chem., Vol. 74, No. 5, pp. 793–807. Recuperado: http://pac.iupac.org/publi cations/pac/pdf/2002/pdf/7405x0793.pdf

Johnson, D. B. (2003). Chemical and microbiological characteristics of mineral spoils and drainage waters at abandoned coal and metal mines. Water Air Soil Pollut. Focus, 3, 47-66

Kastori, R; M. Petrovic & N. Petrovic. (1992) “Effect of excess Pb, Cd, Cu and Zn on water relations in sunflower”. Journal of Plant Nutrition. Recuperado: http://pu

bget.com/paper/pgtmp_7e464b4919e2793b4a2a2bc59b117108/ Effect_of_excess_lead_cadmium_copper_and_zinc_on_water_relations_in_sunflower

Kloke, A.; D.R. Sauerbeck & H. Vetter. (1994) “Study of the Transfer Coefficient of Cadmium and Lead in Ryegrass and Lettuce” Berlin

Limites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes miero - metalúrgicos. Decreto Supremo N°010-2010-MIN AN, Normas Legales 491497. El peruano. Rrecuperado: http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads /sites /22/2013 /10/D-S-N-002-2013-MINAM.pdf

Lucho, C.A., Álvarez, M., Beltran, R.I., Prieto, F. and Poggi, H. (2005) “A multivariate analysis of the accumulation and fractionation of major and trace elements in agricultural soils in Hidalgo State, Mexico irrigated with raw wastewater”. Recuperado: http://biblioteca.cinvestav.mx /indicadores/texto_com pleto/cinvestav/2005/131547_1.pdf

Macnair, M. (2002). “Within and between population genetic variation for zinc accumulation in Arabidopsis halleri”. New Phytologist. pp: 155: 59–66. Recuperado: http://usagiedu.com/articles/nihercp/nihercp.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (2001). Memorias de los talleres regionales sobre pasivos ambientales en Colombia. Bogotá, Colombia

Nancucheo, I., & Barrie-Johnson, D. (2011). Significance of microbial communities and interactions in safeguarding reactive mine tailings by ecological engineering. Appl. Environ. Microbiol., 77, 8201-8208.

Nordstrom, D. K., Alpers, C. N., Ptacek, C. J., & Blowes, D. W. (2000). Negative pH and extremely acidic mine waters from Iron Mountain, California. Environ. Sci. Tec., 34, 254- 258

Oblasser, A. (2016). Cepal - Serie Medio Ambiente y Desarrollo N° 163. Estudio sobre lineamientos, incentivos y regulación para el manejo de los Pasivos Ambientales Mineros (PAM), incluyendo cierre de faenas mineras. Bolivia (Estado Plurinacional de), Chile, Colombia y el Perú. Naciones Unidas, Santiago, Chile.

OSINFOR - Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre. (2013). “Protocolo para la Herborización: Colección y Preservado de Ejemplares

Botánicos en Procesos de Supervisión Forestal". Recuperado: http://www.osinfor.gob.pe/portal/data/destacado/adjunto/protocolo_herborizacion_julio2013.pdf

Presidencia de la Republica (2005). Decreto Supremo Nº 059-2005-EM, Reglamento de Pasivos Ambientales de la Actividad Minera. Lima, Perú

Pugh, E., Dick, D., & Fredeen, A. (2002). Heavy Metal (Pb, Zn, Cd, Fe, and Cu) Contents of Plant Foliage near the Anvil Range Lead/Zinc Mine, Faro, Yukon Territory. Ecotoxicology and Environmental Safety, 52(3), 273-279

Romero Alfonso A., Flores Silvana L., y Pacheco Werner W. (2010) "Estudio de la calidad del agua de la Cuenca del Río Santa". Lima-Perú: UNMSM. Recuperado: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v13_n25/pdf/a09v13n25.pdf

Romero, A. a, Flores, S. L., & Pacheco, W. W. (2010). Estudio de la calidad de agua de la cuenca del río Santa. Revista Del Instituto de Investigaciones FIGMMG. 13, pp.61–69. Ancash, Perú.

Singer, P. C., & Stumm, W. (1970). Acid mine drainage: The rate-determining step. Science, 167, 1121-1123

Subhashini V., Swamy A.V.V.S. and Hema Krishna. R. (2013). "Phytoremediation: Emerging and green technology for the uptake of cadmium from the contaminated soil by plant species". Department of Environmental.

Yupari, Anida (2004) "Informe Preliminar Pasivos Ambientales Mineros en Sudaméica", Informe elaborado para la CEPAL y el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales, BGR. Recuperado: http://www.ecl ac.org/publicaciones/xml/6/33416/lcl2869e.pdf

Yurupari, A. (2000). Pasivos ambientales mineros en Suramérica: Informe elaborado para la Cepal, por el Servicio Nacional de Geología y Minería y el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales. Recuperado: http://www.eclac.cl/drni/noticias/seminarios/4/13604/Informe%20Pasivos %20 Ambientales%20 Mineros%20en%20Sudam%C3%A9rica.pdf

ANEXOS

ANEXO 1

REPORTES DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE EFLUENTES (AGUA) DE MINA HUÁSCAR

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO AG170711

CLIENTE	**Razón Social**	: JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO
	Dirección	: Jr. Pomabamba Nº 380
	Atención	: Johnny Johab Flor Hidalgo
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua de Humedal
	Matriz	: Aguas Naturales - Agua Superficial
	Procedencia	: Humedal del Efluente de la Mina Huascar
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170410
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 25/Julio./2017
	Fecha de análisis	: 25 de Julio al 03 de Agosto/2017
	Cotización Nº	: CO170- C

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA
					Código del cliente: AT1M1
					Fecha de muestreo [1]: 18/06/2017
					Hora de muestreo [1]: 15:20
					Código del Laboratorio: AG170842
FQ	**ANALISIS FISICOQUIMICOS**				
FQ12	Conductividad [2] (en laboratorio)	$\mu S.cm^{-1}$	APHA 2510 B -Versiòn 2012	.....	8755
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H^{+} B.-Versión 2012 (*)	.....	1.74
MT	**METALES TOTALES**				
MT11	Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0.02	0.25
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005	206.000
MT23	Plata total	mg/l Ag	Eosina 1.10 fenantrolina (*)	0.25	< 0.25
MT24	Plomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010	18.500
MT32	Zinc total	mg/l Zn	Cl-PAN (*)	0.05	15.00

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

[1] Datos proporcionados por el cliente

[2] Resultados reportados a 25 ºC.

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 03 de Agosto de 2017

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL FCAM

Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP Nº 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

REPORTE DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE EFLUENTES

TESIS: "PREDOMINANCIA DE LA VEGETACIÓN ACUMULADORA DE METALES PESADOS ASOCIADA AL EFLUENTE DE LA MINA HUÁSCAR, HUARAZ - 2017"

TRAMO 1

Parámetro	Unidad de medida	Método	Límite de detección	Muestras / Fechas / Horas				
				AT1M2	AT1M3	AT1M4	AT1M5	AT1M6
Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona	0.02	**16.07.2017**	**13.08.2017**	**10.09.2017**	**15.10.2017**	**12.11.2017**
Hierro total	mg/l Fe	Triazina	0.005	09:15	10:40	09:50	11:20	12:30
Plata total	mg/l Ag	Eosina 1, 10 femantrolina	0.25	0.27	0.23	0.28	0.23	0.29
Plomo total	mg/l Pb	PAR	0.010	198.00	212.00	214.00	227.00	218.00
Zinc total	mg/l Zn	CI-PAN	0.05	0.19	0.21	0.18	0.26	0.22

Bach. **JOHNNY J. FLOR HIDALGO**
Tesista EPIA-FCAM

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO AG170712

CLIENTE	**Razón Social**	: JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO
	Dirección	: Jr. Pomabamba Nº 380
	Atención	: Johnny Johab Flor Hidalgo
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua de Rio
	Matriz	: Aguas Naturales - Agua Superficial
	Procedencia	: Humedal del Efluente de la Mina Huascar
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170410
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 25/Julio./2017
	Fecha de análisis	: 25 de Julio al 03 de Agosto/2017
	Cotización Nº	: CO170- C

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA
				Código del cliente	AT2M1
				Fecha de muestreo [1]	18/06/2017
				Hora de muestreo [1]	15:45
				Código del Laboratorio	AG170843
FQ	**ANALISIS FISICOQUIMICOS**				
FQ12	Conductividad [2] (en laboratorio)	$\mu S.cm^{-1}$	APHA 2510 B -Versión 2012	.....	9255
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H+ B.-Versión 2012 (*)	.....	1.68
MT	**METALES TOTALES**				
MT11	Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0.02	0.22
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005	159.000
MT23	Plata total	mg/l Ag	Eosina 1.10 femantrolina (*)	0.25	< 0.25
MT24	Plomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010	18.500
MT32	Zinc total	mg/l Zn	Ci-PAN (*)	0.05	46.70

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

[1] Datos proporcionados por el cliente

[2] Resultados reportados a 25 ºC.

Leyenda: **APHA:** Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 03 de Agosto de 2017

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL FCAM

Quim. Mario Leyva Colas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP Nº 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

REPORTE DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE EFLUENTES

TESIS: "PREDOMINANCIA DE LA VEGETACIÓN ACUMULADORA DE METALES PESADOS ASOCIADA AL EFLUENTE DE LA MINA HUÁSCAR, HUARAZ - 2017"

TRAMO 2

Parámetro	Unidad de medida	Método	Límite de detección	Muestras / Fechas / Horas				
				AT2M2	AT2M3	AT2M4	AT2M5	AT2M6
				16.07.2017	13.08.2017	10.09.2017	15.10.2017	12.11.2017
				09:25	10:50	10:00	11:30	12:40
Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona	0.02	0.19	0.23	0.24	0.22	0.20
Hierro total	mg/l Fe	Triazina	0.005	162.00	159.00	167.00	154.00	158.00
Plata total	mg/l Ag	Eosina 1, 10 femantrolina	0.25	0.21	0.19	0.21	0.20	0.19
Plomo total	mg/l Pb	PAR	0.010	17.46	16.90	16.76	15.98	16.10
Zinc total	mg/l Zn	CI-PAN	0.05	32.00	34.60	32.00	29.00	31.00

Bach. **JOHNNY J. FLOR HIDALGO**
Tesista EPIA-FCAM

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO AG170713

CLIENTE	**Razón Social**	: JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO
	Dirección	: Jr. Pomabamba Nª 380
	Atención	: Johnny Johab Flor Hidalgo
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua Entubada
	Matriz	: Aguas Naturales - Agua Superficial
	Procedencia	: Humedal del Efluente de la Mina Huascar
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170410
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 25/Julio./2017
	Fecha de análisis	: 25 de Julio al 03 de Agosto/2017
	Cotización Nº	: CO170- C

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA
					Código del cliente: AT3M1
					Fecha de muestreo [1]: 18/06/2017
					Hora de muestreo [1]: 16:30
					Código del Laboratorio: AG170844
FQ	**ANALISIS FISICOQUIMICOS**				
FQ12	Conductividad [2] (en laboratorio)	$\mu S.cm^{-1}$	APHA 2510 B -Versiòn 2012	.....	8510
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H^+ B.-Versión 2012 (*)	.....	1.78
MT	**METALES TOTALES**				
MT11	Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0.02	0.18
MT16	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005	172.000
MT23	Plata total	mg/l Ag	Eosina 1.10 femantrolina (*)	0.25	< 0.25
MT24	Plomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0.010	9.800
MT32	Zinc total	mg/l Zn	Cl-PAN (*)	0.05	11.50

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

[1] Datos proporcionados por el cliente

[2] Resultados reportados a 25 °C.

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 03 de Agosto de 2017

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL - FCAM - UNASAM

Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP Nº 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

REPORTE DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE EFLUENTES

TESIS: "PREDOMINANCIA DE LA VEGETACIÓN ACUMULADORA DE METALES PESADOS ASOCIADA AL EFLUENTE DE LA MINA HUÁSCAR, HUARAZ - 2017"

TRAMO 3

Parámetro	Unidad de medida	Método	Límite de detección	Muestras / Fechas / Horas				
				AT3M2	AT3M3	AT3M4	AT3M5	AT3M6
				16.07.2017	13.08.2017	10.09.2017	15.10.2017	12.11.2017
				09:40	11:10	10:20	11:50	13:05
Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona	0.02	0.16	0.20	0.21	0.23	0.19
Hierro total	mg/l Fe	Triazina	0.005	168.00	172.00	178.00	167.00	174.00
Plata total	mg/l Ag	Eosina 1, 10 femantrolina	0.25	0.14	0.13	0.17	0.16	0.18
Plomo total	mg/l Pb	PAR	0.010	8.96	9.01	9.54	9.37	9.45
Zinc total	mg/l Zn	CI-PAN	0.05	10.80	11.30	10.90	10.80	11.10

Bach. **JOHNNY J. FLOR HIDALGO**
Tesista EPIA-FCAM

ANEXO 2

REPORTES DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE SUSTRATO (LODO) EN EL CURSO DE EFLUENTES (AGUA) DE MINA HUÁSCAR

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO OT170115

CLIENTE	**Razón Social**	: JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO
	Dirección	: Jr. Pomabamba N° 380
	Atención	: Johnny Johab Flor Hidalgo
MUESTRA	**Producto declarado**	: Sedimento del Humedal
	Matriz	: Sedimento
	Procedencia	: Humedal del efluente de la Mina Huascar, **Coordenadas**: 214342 **E**, 8942722 **N**, 3915 **msnm**
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170084
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: Procedimiento ICMSF 1983, apha 2001
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 25/Julio/2017
	Fecha de análisis	: 25 - 16 de Agosto/2017
	Cotización N°	: CO170170-B

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	ST1M1
					Fecha de muestreo 1	18/06/2017
					Hora de muestreo 1	13:50
					Código del Laboratorio	OT170115
MS	**METALES EN SEDIMENTO**					
MS11	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	4.00	5.25	
MS16	Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina (*)	1.00	848.80	
MS23	Plata total	mg/Kg Ag	Eosina-1, 10-Fenantrolina (*)	2.5	3.1	
MS24	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR (*)	0.100	844.850	
MS32	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	10.00	5.92	

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

1 Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 16 de Agosto de 2017

Qulm. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

REPORTE DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE SUSTRATO (LODO)

TESIS: "PREDOMINANCIA DE LA VEGETACIÓN ACUMULADORA DE METALES PESADOS ASOCIADA AL EFLUENTE DE LA MINA HUÁSCAR, HUARAZ - 2017"

TRAMO 1

Parámetro	Unidad de medida	Método	Límite de detección	Muestras / Fechas / Horas				
				ST1M2	ST1M3	ST1M4	ST1M5	ST1M6
				16.07.2017	13.08.2017	10.09.2017	15.10.2017	12.11.2017
				09:00	10:20	09:30	11020	12:10
Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona	0.02	5.21	4.98	4.90	5.13	5.16
Hierro total	mg/Kg Fe	Triazina	0.005	832.00	825.00	837.00	823.00	832.00
Plata total	mg/Kg Ag	Eosina 1, 10 femantrolina	0.25	3.15	1.17	3.06	3.11	3.14
Plomo total	mg/Kg Pb	PAR	0.010	835.46	832.12	846.24	815.45	831.43
Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN	0.05	5.72	5.65	5.39	6.10	5.84

Bach. **JOHNNY J. FLOR HIDALGO**
Tesista EPIA-FCAMDFGDFGDFGDG

ANEXO 3

REPORTES DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE ESPECIES VEGETALES PREDOMINANTES EN EL CURSO DE EFLUENTES (AGUA) DE MINA HUÁSCAR

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO OT170100

CLIENTE	**Razón Social**	: JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO
	Dirección	: Jr. Pomabamba N° 380
	Atención	: Johnny Johab Flor Hidalgo
MUESTRA	**Producto declarado**	: Raiz
	Matriz	: Vegetales - Planta
	Procedencia	: Humedal de la Mina Huascar, **Coordenadas:** 214342 **E**, 8942722 **N**, 3915 **msnm**
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170081
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: Procedimiento ICMSF 1983, apha 2001
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 25/Julio/2017
	Fecha de análisis	: 25 - 16 de Agosto/2017
	Cotización N°	: CO170170-A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	RT1P1
					Fecha de muestreo [1]	18/06/2017
					Hora de muestreo [1]	06:30
					Código del Laboratorio	OT170100
MTP	**METALES EN PLANTA**					
MTP02	Plata total	mg/Kg Ag	Eosina-1, 10-Fenantrolina (*)	1.0	1.9	
MTP10	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.05	421.96	
MTP28	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	0.05	0.95	
MTP29	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.2	4.3	
MTP30	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR (*)	0.100	42.770	

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

1 Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 16 de Agosto de 2017

Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO OT170101

CLIENTE	**Razón Social**	: JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO
	Dirección	: Jr. Pomabamba N° 380
	Atención	: Johnny Johab Flor Hidalgo
MUESTRA	**Producto declarado**	: Tallo
	Matriz	: Vegetales - Planta
	Procedencia	: Humedal de la Mina Huascar, **Coordenadas:** 214342 **E**, 8942722 **N**, 3915 **msnm**
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170081
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: Procedimiento ICMSF 1983, apha 2001
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 25/Julio/2017
	Fecha de análisis	: 25 - 16 de Agosto/2017
	Cotización N°	: CO170170-A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	TT1P1
					Fecha de muestreo	18/06/2017
					Hora de muestreo	06:30
					Código del Laboratorio	OT170101
MTP	**METALES EN PLANTA**					
MTP02	Plata total	mg/Kg Ag	Eosina-1, 10-Fenantrolina (*)	1.0	1.3	
MTP10	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.05	92.69	
MTP28	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	0.05	0.47	
MTP29	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.2	4.3	
MTP30	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR (*)	0.100	42.770	

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

1 Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 16 de Agosto de 2017

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL - UNASAM - FCAM

Quím. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO OT170102

CLIENTE	**Razón Social**	: JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO
	Dirección	: Jr. Pomabamba N° 380
	Atención	: Johnny Johab Flor Hidalgo
MUESTRA	**Producto declarado**	: Raiz
	Matriz	: Vegetales - Planta
	Procedencia	: Humedal de la Mina Huascar, **Coordenadas**: 214342 **E**, 8942722 **N**, 3915 **msnm**
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170081
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: Procedimiento ICMSF 1983, apha 2001
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 25/Julio/2017
	Fecha de análisis	: 25 - 16 de Agosto/2017
	Cotización N°	: CO170170-A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	RT1P2
					Fecha de muestreo	18/06/2017
					Hora de muestreo	07:20
					Código del Laboratorio	OT170102
MTP	**METALES EN PLANTA**					
MTP02	Plata total	mg/Kg Ag	Eosina-1, 10-Fenantrolina (*)	1.0	1.1	
MTP10	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.05	423.26	
MTP28	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	0.05	0.95	
MTP29	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.2	10.2	
MTP30	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR (*)	0.100	92.950	

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

1 Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 16 de Agosto de 2017

Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO OT170103

CLIENTE	**Razón Social**	: JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO
	Dirección	: Jr. Pomabamba N° 380
	Atención	: Johnny Johab Flor Hidalgo
MUESTRA	**Producto declarado**	: Tallo
	Matriz	: Vegetales - Planta
	Procedencia	: Humedal de la Mina Huascar, **Coordenadas**: 214342 **E**, 8942722 **N**, 3915 **msnm**
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170081
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: Procedimiento ICMSF 1983, apha 2001
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 25/Julio/2017
	Fecha de análisis	: 25 - 16 de Agosto/2017
	Cotización N°	: CO170170-A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	TT1P2
					Fecha de muestreo 1	18/06/2017
					Hora de muestreo 1	07:20
					Código del Laboratorio	OT170103
MTP			**METALES EN PLANTA**			
MTP02	Plata total	mg/Kg Ag	Eosina-1, 10-Fenantrolina (*)	1.0		1.4
MTP10	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.05		178.11
MTP28	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	0.05		0.96
MTP29	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.2		9.5
MTP30	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR (*)	0.100		7.110

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

1 Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 16 de Agosto de 2017

Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO OT170104

CLIENTE	**Razón Social**	: JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO
	Dirección	: Jr. Pomabamba N° 380
	Atención	: Johnny Johab Flor Hidalgo
MUESTRA	**Producto declarado**	: Raiz
	Matriz	: Vegetales - Planta
	Procedencia	: Humedal de la Mina Huascar, **Coordenadas:** 214342 **E**, 8942722 **N**, 3915 **msnm**
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170081
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: Procedimiento ICMSF 1983, apha 2001
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 25/Julio/2017
	Fecha de análisis	: 25 - 16 de Agosto/2017
	Cotización N°	: CO170170-A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	RT1P3
					Fecha de muestreo 1	18/06/2017
					Hora de muestreo 1	08:10
					Código del Laboratorio	OT170104
MTP	**METALES EN PLANTA**					
MTP02	Plata total	mg/Kg Ag	Eosina-1, 10-Fenantrolina (*)	1.0	1.8	
MTP10	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.05	187.81	
MTP28	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	0.05	0.97	
MTP29	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.2	4.7	
MTP30	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR (*)	0.100	294.350	

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

1 Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 16 de Agosto de 2017

Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO OT170105

CLIENTE	**Razón Social**	: JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO
	Dirección	: Jr. Pomabamba N° 380
	Atención	: Johnny Johab Flor Hidalgo
MUESTRA	**Producto declarado**	: Tallo
	Matriz	: Vegetales - Planta
	Procedencia	: Humedal de la Mina Huascar, **Coordenadas**: 214342 **E**, 8942722 **N**, 3915 **msnm**
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170081
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: Procedimiento ICMSF 1983, apha 2001
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 25/Julio/2017
	Fecha de análisis	: 25 - 16 de Agosto/2017
	Cotización N°	: CO170170-A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	TT1P3
					Fecha de muestreo [1]	18/06/2017
					Hora de muestreo	08:10
					Código del Laboratorio	OT170105
MTP			**METALES EN PLANTA**			
MTP02	Plata total	mg/Kg Ag	Eosina-1, 10-Fenantrolina (*)	1.0	1.0	
MTP10	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.05	118.58	
MTP28	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	0.05	1.00	
MTP29	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.2	2.8	
MTP30	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR (*)	0.100	21.100	

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

1 Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 16 de Agosto de 2017

Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO OT170106

CLIENTE	**Razón Social**	: JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO
	Dirección	: Jr. Pomabamba N° 380
	Atención	: Johnny Johab Flor Hidalgo
MUESTRA	**Producto declarado**	: Raiz
	Matriz	: Vegetales - Planta
	Procedencia	: Humedal de la Mina Huascar, **Coordenadas**: 214342 **E**, 8942722 **N**, 3915 **msnm**
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170082
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: Procedimiento ICMSF 1983, apha 2001
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 25/Julio/2017
	Fecha de análisis	: 25 - 16 de Agosto/2017
	Cotización N°	: CO170170-A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	RT1P4
					Fecha de muestreo [1]	18/06/2017
					Hora de muestreo	09:40
					Código del Laboratorio	OT170106
MTP	METALES EN PLANTA					
MTP02	Plata total	mg/Kg Ag	Eosina-1, 10-Fenantrolina (*)	1.0	1.0	
MTP10	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.05	423.58	
MTP28	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	0.05	1.00	
MTP29	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.2	12.4	
MTP30	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR (*)	0.100	76.530	

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

1 Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 16 de Agosto de 2017

Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO OT170107

CLIENTE	**Razón Social**	: JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO
	Dirección	: Jr. Pomabamba N° 380
	Atención	: Johnny Johab Flor Hidalgo
MUESTRA	**Producto declarado**	: Tallo
	Matriz	: Vegetales - Planta
	Procedencia	: Humedal de la Mina Huascar, **Coordenadas**: 214342 **E**, 8942722 **N**, 3915 **msnm**
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170082
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: Procedimiento ICMSF 1983, apha 2001
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 25/Julio/2017
	Fecha de análisis	: 25 - 16 de Agosto/2017
	Cotización N°	: CO170170-A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	TT1P4
					Fecha de muestreo [1]	18/06/2017
					Hora de muestreo [1]	09:40
					Código del Laboratorio	OT170107
MTP	METALES EN PLANTA					
MTP02	Plata total	mg/Kg Ag	Eosina-1, 10-Fenantrolina (*)	1.0	1.0	
MTP10	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.05	182.26	
MTP28	Zinc total	mg/Kg Zn	CI-PAN (*)	0.05	0.98	
MTP29	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.2	3.3	
MTP30	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR (*)	0.100	43.900	

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

1 Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 16 de Agosto de 2017

Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO OT170108

CLIENTE	**Razón Social**	: JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO
	Dirección	: Jr. Pomabamba N° 380
	Atención	: Johnny Johab Flor Hidalgo
MUESTRA	**Producto declarado**	: Hoja
	Matriz	: Vegetales - Planta
	Procedencia	: Humedal de la Mina Huascar, **Coordenadas**: 214342 **E**, 8942722 **N**, 3915 **msnm**
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170082
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: Procedimiento ICMSF 1983, apha 2001
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 25/Julio/2017
	Fecha de análisis	: 25 - 16 de Agosto/2017
	Cotización N°	: CO170170-A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	HT1P4
					Fecha de muestreo [1]	18/06/2017
					Hora de muestreo [1]	09:40
					Código del Laboratorio	OT170108
MTP			**METALES EN PLANTA**			
MTP02	Plata total	mg/Kg Ag	Eosina-1, 10-Fenantrolina (*)	1.0	1.2	
MTP10	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.05	114.32	
MTP28	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	0.05	0.68	
MTP29	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.2	6.7	
MTP30	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR (*)	0.100	14.700	

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

1 Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 16 de Agosto de 2017

Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO OT170109

CLIENTE	**Razón Social**	: JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO
	Dirección	: Jr. Pomabamba N° 380
	Atención	: Johnny Johab Flor Hidalgo
MUESTRA	**Producto declarado**	: Raiz
	Matriz	: Vegetales - Planta
	Procedencia	: Humedal de la Mina Huascar, **Coordenadas**: 214342 **E**, 8942722 **N**, 3915 **msnm**
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170082
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: Procedimiento ICMSF 1983, apha 2001
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 25/Julio/2017
	Fecha de análisis	: 25 - 16 de Agosto/2017
	Cotización N°	: CO170170-A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	RT1P5
					Fecha de muestreo [1]	18/06/2017
					Hora de muestreo [1]	11:10
					Código del Laboratorio	OT170109
MTP	**METALES EN PLANTA**					
MTP02	Plata total	mg/Kg Ag	Eosina-1, 10-Fenantrolina (*)	1.0	1.1	
MTP10	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.05	80.33	
MTP28	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	0.05	0.81	
MTP29	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.2	7.1	
MTP30	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR (*)	0.100	101.720	

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

1 Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 16 de Agosto de 2017

Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO OT170110

CLIENTE	**Razón Social**	: JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO
	Dirección	: Jr. Pomabamba N° 380
	Atención	: Johnny Johab Flor Hidalgo
MUESTRA	**Producto declarado**	: Tallo
	Matriz	: Vegetales - Planta
	Procedencia	: Humedal de la Mina Huascar, **Coordenadas**: 214342 **E**, 8942722 **N**, 3915 **msnm**
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170082
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: Procedimiento ICMSF 1983, apha 2001
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 25/Julio/2017
	Fecha de análisis	: 25 - 16 de Agosto/2017
	Cotización N°	: CO170170-A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	TT1P5
					Fecha de muestreo [1]	18/06/2017
					Hora de muestreo [1]	11:10
					Código del Laboratorio	OT170110
MTP	**METALES EN PLANTA**					
MTP02	Plata total	mg/Kg Ag	Eosina-1, 10-Fenantrolina (*)	1.0	1.0	
MTP10	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.05	177.24	
MTP28	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	0.05	0.25	
MTP29	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.2	3.8	
MTP30	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR (*)	0.100	106.690	

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

1 Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 16 de Agosto de 2017

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL FCAM UNASAM

Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO OT170111

CLIENTE	**Razón Social**	: JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO
	Dirección	: Jr. Pomabamba N° 380
	Atención	: Johnny Johab Flor Hidalgo
MUESTRA	**Producto declarado**	: Hoja
	Matriz	: Vegetales - Planta
	Procedencia	: Humedal de la Mina Huascar, **Coordenadas:** 214342 **E**, 8942722 **N**, 3915 **msnm**
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170082
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: Procedimiento ICMSF 1983, apha 2001
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 25/Julio/2017
	Fecha de análisis	: 25 - 16 de Agosto/2017
	Cotización N°	: CO170170-A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	HT1P5
					Fecha de muestreo	18/06/2017
					Hora de muestreo	11:10
					Código del Laboratorio	OT170111
MTP	**METALES EN PLANTA**					
MTP02	Plata total	mg/Kg Ag	Eosina-1, 10-Fenantrolina (*)	1.0	1.3	
MTP10	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.05	188.29	
MTP28	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	0.05	0.50	
MTP29	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.2	7.7	
MTP30	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR (*)	0.100	40.310	

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

1 Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 16 de Agosto de 2017

Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO OT170112

CLIENTE	**Razón Social**	: JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO
	Dirección	: Jr. Pomabamba N° 380
	Atención	: Johnny Johab Flor Hidalgo
MUESTRA	**Producto declarado**	: Raiz
	Matriz	: Vegetales - Planta
	Procedencia	: Humedal de la Mina Huascar, **Coordenadas**: 214342 **E**, 8942722 **N**, 3915 **msnm**
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170083
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: Procedimiento ICMSF 1983, apha 2001
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 25/Julio/2017
	Fecha de análisis	: 25 - 16 de Agosto/2017
	Cotización N°	: CO170170-A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	RT1P6
					Fecha de muestreo 1	18/06/2017
					Hora de muestreo 1	12:35
					Código del Laboratorio	OT170112
MTP			**METALES EN PLANTA**			
MTP02	Plata total	mg/Kg Ag	Eosina-1, 10-Fenantrolina (*)	1.0	1.5	
MTP10	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.05	309.43	
MTP28	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	0.05	0.98	
MTP29	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.2	17.6	
MTP30	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR (*)	0.100	116.410	

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

1 Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 16 de Agosto de 2017

Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO OT170113

CLIENTE	**Razón Social**	: JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO
	Dirección	: Jr. Pomabamba N° 380
	Atención	: Johnny Johab Flor Hidalgo
MUESTRA	**Producto declarado**	: Tallo
	Matriz	: Vegetales - Planta
	Procedencia	: Humedal de la Mina Huascar, **Coordenadas**: 214342 **E**, 8942722 **N**, 3915 **msnm**
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170083
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: Procedimiento ICMSF 1983, apha 2001
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 25/Julio/2017
	Fecha de análisis	: 25 - 16 de Agosto/2017
	Cotización N°	: CO170170-A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	TT1P6
					Fecha de muestreo 1	18/06/2017
					Hora de muestreo 1	12:35
					Código del Laboratorio	OT170113
MTP	**METALES EN PLANTA**					
MTP02	Plata total	mg/Kg Ag	Eosina-1, 10-Fenantrolina (*)	1.0	1.2	
MTP10	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.05	131.36	
MTP28	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	0.05	0.97	
MTP29	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.2	5.8	
MTP30	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR (*)	0.100	24.800	

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

1 Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 16 de Agosto de 2017

Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO OT170114

CLIENTE	**Razón Social**	: JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO
	Dirección	: Jr. Pomabamba N° 380
	Atención	: Johnny Johab Flor Hidalgo
MUESTRA	**Producto declarado**	: Hoja
	Matriz	: Vegetales - Planta
	Procedencia	: Humedal de la Mina Huascar, **Coordenadas**: 214342 **E**, 8942722 **N**, 3915 **msnm**
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC170083
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: Procedimiento ICMSF 1983, apha 2001
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 25/Julio/2017
	Fecha de análisis	: 25 - 16 de Agosto/2017
	Cotización N°	: CO170170-A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	HT1P6
					Fecha de muestreo [1]	18/06/2017
					Hora de muestreo [1]	12:35
					Código del Laboratorio	OT170114
MTP	**METALES EN PLANTA**					
MTP02	Plata total	mg/Kg Ag	Eosina-1, 10-Fenantrolina (*)	1.0	< 1.0	
MTP10	Hierro total	mg/l Fe	Triazina (*)	0.05	202.23	
MTP28	Zinc total	mg/Kg Zn	Cl-PAN (*)	0.05	0.39	
MTP29	Cobre total	mg/Kg Cu	Cuprizona (*)	0.2	10.4	
MTP30	Plomo total	mg/Kg Pb	PAR (*)	0.100	14.300	

(*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

1 Datos proporcionados por el cliente

Huaraz, 16 de Agosto de 2017

Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

ANEXO 4

REPORTE DE IDENFICACIÓN DE ESPECIES VEGETALES PREDOMINANTES EN EL CURSO DE EFLUENTES (AGUA) DE MINA HUÁSCAR

Herbarium Truxillense (HUT)

Universidad Nacional de Trujillo

Facultad de Ciencias Biológicas

Jr. San Martín 392, Trujillo - Perú

Constancia N 32 – 2017

EL DIRECTOR DEL HERBARIUM TRUXILLENSE (HUT) DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO.

Da Constancia de la determinación taxonómica de seis (06) especímenes vegetales:

Especie 1: ***Scirpus pungens*** M. Vahl. (Cyperaceae)
Especie 2: ***Polypogon interruptus*** H.B.K. (Poaceae)
Especie 3: ***Equisetum bogotense*** Kunth. (Equisetaceae)
Especie 4. ***Veronica anagallis-aquatica*** L. (Plantaginaceae)
Especie 5: ***Gamochaeta americana*** (Miller) Weddell. (Asteraceae)
Especie 6: ***Hedeoma manoloniana*** Weddell. (Lamiaceae)

Muestra alcanzada a este despacho por JOHNNY JOHAB FLOR HIDALGO, identificado con DNi N° 41696284, con domicilio legal en Jr. Pomabamba N° 380-Independencia- Huaraz; Bachiller de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, cuyas determinaciones taxonómicas servirá para la realización del trabajo de Tesis: "Predominancia de la vegetación Acumuladora de metales Pesados asociada al efluente de la mina Huascar, Huaraz- 2017".

Se expide la presente Constancia a solicitud de la parte interesada para los fines que hubiera lugar.

Trujillo, 19 de Junio del 2017

HERBARIUM TRUXILLENSE (HUT) – UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO – JEFATURA

Dr. JOSE MOSTACERO LEON
Director del Herbario HUT

cc. Herbario HUT

ANEXO 5

PANEL FOTOGRAFICO

Punto de acceso al pasivo minero mina Huáscar

Entorno del pasivo minero mina Huáscar

Acceso al pasivo bocamina mina Huáscar

Georeferenciación (establecimiento de coordenadas)

Georeferenciación acompañado de meditación

Toma de muestra de efluente pasivo mina Huáscar

Toma de muestra de efluente de mina en canal de derivación para riego

Muestreo de sustrato en el curso de efluente de mina Huáscar

Muestreo vegetación predominante en el curso de efluente de mina Huáscar

Prensado de muestras de especies vegetales predominantes

Muestreo de partes de especies vegetales predominantes

Identificación de especies vegetales predominantes