

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



TESIS:

**Extracción de zinc por *Calamagrostis chrysantha* (Presl)
“sora”, *Distichia muscoides* “champa” y *Typha
domingensis* PERS “tatora” del efluente de Mina de
Pampamachay de Castrovirreyna - Huancavelica**

Para optar el título profesional de:

BIÓLOGO, ESPECIALIDAD: BIOTECNOLOGÍA

PRESENTADO POR:

Bach. Richard David SANTIAGO URBANO

ASESOR:

Dr. Saúl Alonso CHUCHÓN MARTÍNEZ

AYACUCHO - PERÚ

2024

Por todo el apoyo a mis padres.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga "Alma Mater"

A Los estudiantes del Departamento Académico de Ciencias Biológicas.

A mi asesor al Blgo. Saúl Alonso Chuchón Martínez.

A la Mg. Blga. Sonia Haydee Palomino Felices por haberme brindado el apoyo correspondiente a fin de mi formación profesional.

Un especial agradecimiento a Blgo. Marco Antonio Quispe Atauje, Jefe Departamento de Medio Ambiente – CCMSA – UP San Genaro, Mg. Blgo. José Barrientos Choquehuanca, Asistente de la Jefatura de Medio Ambiente – CMCSA – UP Caudalosa Grande, y a todas las personas involucradas que apoyaron desinteresadamente en este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	3
2.1.1. Antecedentes internacionales	3
2.1.2. Antecedentes nacionales	5
2.2. Marco conceptual	7
2.2.1. Biorremediación	7
2.2.2. Hiperacumuladores	7
2.2.3. Metal pesado	7
2.2.4. Rizosfera	7
2.2.5. Bioacumulación	7
2.2.6. Biomasa	7
2.2.7. Lixiviados	8
2.3. Bases teóricas	8
2.3.1. El agua	8
2.3.2. Distribución del agua	8
2.3.3. Propiedades físicas y químicas del agua	8
2.3.4. Contaminación del agua	10
2.3.5. Ciclo hidrológico del agua	10
2.3.6. Calidad del agua	10
2.3.7. Drenaje ácido de mina	10
2.3.8. Humedales naturales	11
2.3.9. Humedales artificiales, wetlands o biofiltros	12
2.3.10. Tratamiento de aguas de mina	12
2.3.11. La fitorremediación	17
2.3.12. Nutrición mineral de las plantas	19
2.3.13. Bio-remediación	20

2.3.14. El zinc	20
2.3.15. Taxonomía de las especies en estudio	21
2.3.16. Descripción de Castrovirreyna Compañía Minera S.A	23
2.3.17. Recopilación histórica de Castrovirreyna Compañía Minera S.A	24
2.4. Marco legal	25
III. MATERIALES Y METODOS	26
3.1. Lugar de estudio	26
3.2. Efluente de la mina Pampamachay	26
3.3. Diseño e instalación de las pozas para los tratamientos	27
3.4. Descripción de la unidad de muestreo	27
3.4.1. Muestra del afluente	27
3.4.2. Muestra del efluente	28
3.4.3. Muestra vegetal y sustrato antes de la experimentación	28
3.4.4. Muestra vegetal y sustrato después de la experimentación	28
3.5. Periodicidad de los muestreos	28
3.5.1. Muestras de efluente y afluente	28
3.5.2. Muestras vegetales antes y después de la experimentación	28
3.6. Técnica de muestreo	29
3.7. Medición de parámetros	29
3.8. Métodos de evaluación de la concentración de zinc	30
3.8.1. Método del zincón	30
3.8.2. Evaluación de la concentración de metales por espectrometría de absorción atómica de llama	31
3.8.3. Evaluación de concentración de metales pesados en materia vegetal y sustrato	32
3.9. Análisis estadístico	32
3.10. Evaluación de retención de zinc por los tratamientos	32
3.11. Eficacia de retención de zinc por los tratamientos	32
3.12. Extracción de zinc por especie vegetal	33
IV. RESULTADOS	34
V. DISCUSIÓN	41
VI. CONCLUSIONES	45
VII. RECOMENDACIONES	47
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición de las pozas para el tratamiento aguas del efluente de la mina Pampamachay de la unidad de producción “San Genaro de Castrovirreyna Compañía Minera S. A” (SGCCMSA). – Huancavelica.	27
Tabla 2. Valores de promedio y desviación típica de parámetros fisicoquímicos de las muestras de afluente y los tratamientos con <i>Calamagrostis chrysantha</i> “sora”, <i>Distichia muscoides</i> “champa” y <i>Typha dominguensis</i> “Totora”.	36
Tabla 3. Eficacia y retención de zinc en los tratamientos con <i>Calamagrostis chrysantha</i> “sora”, <i>Distichia muscoides</i> “champa” y <i>Typha dominguensis</i> “totora” de las aguas del efluente de la mina Pampamachay de (SGCCMSA). – Huancavelica.	38
Tabla 4. Concentración de zinc en <i>Calamagrostis chrysantha</i> “sora”, <i>Distichia muscoides</i> “champa” y <i>Typha dominguensis</i> “Totora” antes y después de la experimentación del tratamiento de las aguas del efluente de la mina Pampamachay de (SGCCMSA). - Huancavelica.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Rango óptimo para ejecución en sistemas de tratamiento en aguas ácidas.	14
Figura 2. Tendencia de la concentración de zinc del afluente y posterior a los tratamientos con <i>Calamagrostis chrysantha</i> “sora”, <i>Distichia muscoides</i> “champa” y <i>Typha dominguensis</i> “totorá”.	35
Figura 3. Concentración de zinc de las aguas del afluente y tratamientos con <i>Calamagrostis chrysantha</i> “sora”, <i>Distichia muscoides</i> “champa” y <i>Typha dominguensis</i> “Totorá” de las aguas del efluente de la mina Pampamachay de (SGCCMSA). – Huancavelica.	37
Figura 4. Extracción de zinc durante el tratamiento con <i>Calamagrostis chrysantha</i> “sora”, <i>Distichia muscoides</i> “champa” y <i>Typha dominguensis</i> “Totorá” de las aguas del efluente de la mina Pampamachay de (SGCCMSA). – Huancavelica.	39

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Panel fotográfico.	54
Anexo 2. Valores de concentración de zinc, ANOVA y prueba de homogeneidad.	62
Anexo 3. Datos meteorológicos de la U.P. San Genaro – 2011.	64
Anexo 4. Certificados de identificación de especies vegetales.	67
Anexo 5. Reporte de ensayos realizados por el laboratorio.	70
Anexo 6. Matriz de consistencia.	74
Anexo 7. Figuras de ubicación y diseños.	75

RESUMEN

La presente investigación es desarrollada en los meses de enero a octubre de 2011, para determinar la extracción de zinc por *Calamagrostis chrysantha* (Presl) Stendel “sora”, *Distichia muscoides* Nees & Meyer “champa” y *Typha dominguensis* PERS “Totorá” del efluente de mina Pampamachay en la “Unidad de Producción San Genaro de Castrovirreyna Compañía Minera S.A”. Se encuentra ubicado en Huancavelica - Castrovirreyna - Santa Ana a 4750 msnm. La investigación es de tipo experimental. Se tuvieron distintas etapas como son: la construcción de infraestructura necesaria (*Wetlands*), periodo de adaptación y crecimiento de las especies vegetales, el muestreo, como también el análisis físico y químico, interpretación de resultados y cierre de los pasivos generados. Los análisis se ejecutaron en el laboratorio de Medio Ambiente de Castrovirreyna Compañía Minera S.A. donde se procesaron 60 muestras de agua de los diferentes tratamientos de acuerdo al cronograma de monitoreo establecido, para la determinación de remoción de zinc y otros parámetros de relevancia, el método utilizado fue el Zincom Modificado por HANNA (Metodología Normalizada para el análisis de aguas potables y residuales, 1990), siendo la capacidad extractora de zinc por *Calamagrostis chrysantha* “sora” de 0,115 mg/L, para *Distichia muscoides* “champa” con un valor de 0,036 mg/L y para *Typha dominguensis* “totorá” con un valor de 0,062 mg/L., las muestras vegetales y de sustratos que se exploraron dentro de laboratorios de JRamón del Perú S.A. ubicado en la capital de nuestro país a fin de para identificar los niveles de retención de metales, bajo el método de ICP-MS (Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente), calculándose la capacidad de remoción de zinc por los diferentes tratamientos, la cual indica que el tratamiento con *Calamagrostis chrysantha* obtuvo una mayor eficacia en comparación a las otras especies vegetales estudiados alcanzando un valor de 0,358 mg/L.

Palabras clave: Extracción, *Calamagrostis*, *Distichia*, *Typha*, San Genaro, Pampamachay, zinc

I. INTRODUCCIÓN

El manejo de efluentes líquidos es muy importante en las operaciones mineras debido al potencial impacto sobre el ambiente y los consecuentes efectos que pueden producirse sobre la salud humana, animales, plantas y demás componentes del ecosistema. Con el cuidado ambiental del componente significativo comprende una adecuada gestión de las aguas que se generan en interior mina, emanación de proceso de beneficio, escorrentía de las soluciones de lixiviación, aguas superficiales procedentes de depósitos, así como las pilas de desmonte, campos de relave y residuos orgánicos.

Existen diversos elementos además de factores que son riesgosos para el bienestar de los seres humanos y la estabilidad del ecosistema, se estiman a los metales con elevada densidad, puesto que su toxicidad en grados bajos de concentración y porque son bioacumulables y no biodegradables.

De acuerdo al drenaje ácido de mina en nuestro país, se genera la inquietud que los minerales sulfurosos guardan relación con sulfatos, grados de hierro y cobre y la lixiviación de otros metales. La preocupación ambiental con respecto al drenaje ácido de roca (DAR) por lo general, es el impacto contrario de los contaminantes, puesto que los metales disueltos, en la vida acuática del medio receptor y en la calidad del agua para beber (MEM, 2008).

“Castrovirreyna Compañía Minera S.A”. (CCMSA) responsable de los impactos generados por su actividad sobre el ambiente, desarrolla planes estratégicos de caracterización de efluentes y diseño de sistemas de tratamiento de las descargas de sus diferentes componentes (efluentes). En atención a esa necesidad se ha preparado el presente estudio que consiste en el diseño sistemas de tratamiento pasivo para remediar los efluentes de la bocamina Pampamachay.

La actual indagación de carácter investigativa utilizo el método tipo cuantitativo y experimental debido a que se cuenta con datos detallados para estudiar la acción

de las plantas sobre la concentración de zinc en el efluente de mina, asimismo la investigación pretende demostrar científicamente que el empleo de plantas fitoacumuladoras de metales pesados, puede ser una solución a la contaminación de efluentes mineros con problemas de concentraciones altas de los elementos ya mencionados, en tal sentido en esta exploración académica e investigativa se consideró el objetivo primordial o general: determinar la capacidad extractora de zinc por *Calamagrostis chrysantha* “sora”, *Distichia muscoides* “champa” y *Typha dominguensis* “totora” a partir del efluente de la mina Pampamachay de Castrovirreyna Comaña Minara S.A. – Huancavelica, y como objetivos específicos:

1. Determinar la capacidad de absorción de zinc por los tratamientos con *Calamagrostis chrysantha* “sora”, tratamiento con *Distichia muscoides* “champa”, tratamiento con *Typha dominguensis* “totora” y el tratamiento en conglomerado de *Calamagrostis chrysantha* “sora”, *Distichia muscoides* “champa” y *Typha dominguensis* “totora” y comparar los tratamientos con el control.
2. Determinar la capacidad de absorción de zinc por el tratamiento control (solo con sustrato).

Posterior a la construcción de las pozas e implementación de los diferentes tratamientos de acuerdo a los objetivos específicos, durante el desarrollo experimental se obtuvieron muestras del afluente y efluente de los tratamientos en los que se determinó la concentración de zinc y otros parámetros intervinientes, asimismo también se analizó la concentración de zinc en la biomasa antes y después a la exposición al efluente minero, obteniéndose resultados que estadísticamente denotan diferencia entre los tratamientos, los mismos que demuestran que el tratamiento con *Calamagrostis chrysantha* “sora”, es el más eficiente para la remoción de zinc alcanzando 32% de extracción.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

López (2022) investigó sobre "Eficiencia de la fitoextracción de metales pesados de aguas del Río Prieto, Santa Bárbara Almoloya, Puebla"; en donde señala que, México, sobre el 70 % de los cuerpos acuáticos muestran algún nivel de contaminación, ocasionando problemas significativos en la disponibilidad y acceso al elemento vital con mayor consumo de parte de empresas manufacturadas y los cultivos para la nación o país. Presenta metales de alta densidad significativamente dañinos para la vida como el plomo, cromo, cadmio, mercurio y otras composiciones perjudiciales tales como el metilbenceno. Siendo factible la solución y beneficioso para el ambiente es el Fito purificación, exactamente la fitoextracción donde son utilizados las raíces de los vegetales para secuestrar algunas toxinas. Las categorías de los vegetales empleados a fin de examinar la eficacia de absorber metales de alta densidad fueron *Eichhornia crassipes* y *Chrysopogon zizanioides*, siendo implementado bases flotables en contenedores que presentaran el recurso del caudal Prieto, analizando sobre el funcionamiento de las dos categorías incluido la capacidad de removimiento durante 240 días. Los productos finales de la indagación mostraron que *E. crassipes* es adecuado para zonas infectadas con zinc y/o plomo presentando una succión del 98.31 en primer lugar y 90.87% en segundo lugar; en tanto los medios con cobre y/o níquel es ideal el uso de *C. zizanioides* con una remoción del 94.25% y 99.63% correspondientemente.

Beltrá (2017) en su investigación del "estudio de la eliminación de metales pesados en un cauce fluvial mediante la técnica de fitoextracción"; indica que alrededor del Río Guadalupe, en donde se muestra que mantiene una gran actividad de curtiembre, donde favoreció de grado grave y seguido al proceso de

infección del líquido elemento, a causa de la utilización de cantidades considerables dentro de sus procesos, el cual era dirigido de manera directa al río hasta el año 2003. Asimismo, las muestras en el margen del río de Cu y Zn producto la ganadería (alimentación de porcinos) y agrícolas (utilización de fertilizantes) de terrenos al margen del río. Por lo que el objetivo de la indagación es la determinación de la eficacia de la “fitoextracción, de esta forma se tomaron en cuenta 40 muestras a partir de 3 horizontes, 0-20 centímetros (veinte ejemplares), 20-50 centímetros (diez ejemplares) y de 50-100 centímetros (diez ejemplares). Constituyéndose indicadores a fin de explorar detalladamente con el propósito de identificar si se alcanza el objetivo como el CE, CE, Cr int, Cr total, Cu int, Cu total, pH, Zn int, Zn total, otros. El producto final de la indagación refiere que la acumulación de cromo en general y cobre total del horizonte superficial 0-20 centímetros incrementa de manera significativa a causa de un incremento de la accesibilidad de las diferentes fracciones de cromo y cobre, fenómenos de evotranspiración que influyen negativamente al contenido de sales con diversos indicadores y el zinc total entra a una fase de disminuir de manera no significativa a causa de pH básicos aumenta la biodisponibilidad de las plantas presentando superioridad en la afinidad con el zinc. Las concentraciones de Cu permutable (horizontes 0-20 centímetros, 20-0 centímetros y 50-100 centímetros) y de Zn intercambiable (horizonte 0-20 centímetros) aminoran de forma significativa. Pero, las concentraciones de Cr permutable (horizontes 0-20 centímetros, 20-0 centímetros y 50-100 centímetros) incrementa de manera significativa. Concluyendo que el nivel de exclusión de metales en la superficie por el método Fitoextractivo se da de manera baja, se supone que sucede este evento debido a la falta de nutrientes, el pH en niveles incrementados de la superficie o la temporada seca afectada por las especies fitoextractoras, entonces es pertinente cotejar los productos finales con posteriores muestras ejecutados en circunstancias adecuadas a fin de identificar que la eficacia de la técnica es adecuada.

Arán (2016) estudio la fitoextracción de Pb, Cr, Ni, y Zn por los hidrofitos *Limnobiium laevigatum* y la numerosa utilización en intervenciones de aguas residuales, en la que se analizaron la acumulación de Pb, Cr, Ni, Zn además de los efectos de la tensión de la macrófita flotable de vida libre *Limnobiium laevigatum*. *L. laevigatum*, que fueron expuestos a mezclas de centralización ascendente de Cr, Ni, Pb y Zn, siendo las centralizaciones inferiores que

corresponden a valores fundados en normativa N^a 24051-91, con mayor altitud presentando límites máximos accedidos a fin de producirse descargas en la provincia de Córdoba. La recogida de los vegetales se efectuó semanalmente en un plazo de 28 días. Se examinó la agrupación de la acumulación de metales y parámetros fisiológicos. El proceso de diferenciación en la intervención y la temporada de exposición efectuándose por medio de ANOVA en 2 factores. La bioacumulación de metales se presentó con una intensidad alta en las raíces a comparación de las hojas además se presentó una cercana asociación con el tiempo y la concentración. Por presentar niveles altos de acumulación, la planta acuática examinada puede ser contemplada como una clase o tipo hiperacumuladora de Zn y Ni. *L. laevigatum* su tolerancia a los metales es mayor en acumulaciones medias, a más de 21 días de exposición se muestran efectos de toxicidad con altas exposiciones. Los efectos dañinos se reflejaron en el decrecimiento de pigmentos fotosintéticos y el incremento de la oxidación de clorofila a. Considerando el potencial de acumulamiento y el grado de tolerancia, *L. laevigatum* es una planta propicia a fin de la utilización en Fitopurificación del elemento líquido en grados considerados de metales dentro de los primeros días.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Benigno (2018) en donde señala que su indagación mantuvo el propósito de examinar el potencial o capacidad fitoextractora de Zinc y Plomo por *Trifolium repens* y *Chenopodium ambrosioides*; del relave minero perteneciente a la compañía “Santa Rosa de Jangas”, desde la combinación con tierra agrícola en dimensiones: relave en 100%, 25%, 50%, 75% y 100% sustrato agrícola. En el sustrato adquirido se colocó semillas por cada especie, en un proceso invernadero; registrando información del crecimiento de cada semilla. Al pasar 5 meses aproximadamente se cosecho, teniendo como resultado datos de biomasa, área foliar y profundidad de las raíces. Por último, las concentraciones en materia seca de Zn y Pb en el lado externo e interno (raíz) se exploró detalladamente por espectrofotometría de absorción atómica. Se trabajó con el diseño estadístico randomizado con 5 tratamientos y 3 repeticiones en cada especie. Determinar la existencia de diferenciación en las especies, empleando la prueba t, con el objetivo de contrastar la capacidad de fitoextracción por los factores de traslocación y bioconcentración utilizando lo indicado por Audet & Charest, (2007). A fin de identificar el grado de diferenciación estadística entre tratamiento, empleándose la Prueba de Fisher perteneciente a ANOVA, con el fin de identificar

la diferenciación estadística en las medias de tratamientos se empleó la prueba de Tukey. Los datos finales precisan que *Trifolium repens* presenta una elevada capacidad fito-extracción contando con factores de bio-concentración y traslocación elevados a un tratamiento con porcentajes de relave: 25% y 75%, obteniendo índices de biomasa mínima. Siendo para el caso con *Chenopodium ambrosioides* valores de bioconcentración y traslocación clasificando a esta especie como excluyente, pudiendo utilizarse en tecnologías de fitoestabilización. Jara-Peña (2017) investigó la “Acumulación de metales pesados en *Calamagrostis rigida* (Kunth) Trin. ex Steud. (Poaceae) y *Myriophyllum quitense* Kunth (Haloragaceae) evaluadas en cuatro humedales altoandinos del Perú”, esta indagación fue aplicada en las lagunas de Yanamate y Quiulacocha pertenecientes a la región de Pasco, Ticticcocha y Yuracmayo correspondiente a la región Lima. En *Calamagrostis rigida* y en *Myriophyllum quitense*, se evidencio una elevada concentración de metales de alta densidad dentro de las raíces exactamente en sus tejidos, a comparación de la biomasa aérea, en tanto, dichos tipos o especie posiblemente se considerarían como fitoestabilizadoras. Presentado una acumulación elevada de Cd (7,93 mg/kg material seco) fueron determinadas en raíces de *C. rigida* perteneciente de la laguna Yuracmayo. Una elevada concentración de cobre (96,43 mg/kg MS) se registró en *C. rigida* de la laguna Quiulacocha. Las más elevadas concentraciones de plomo (160,15 mg/kg MS) y de Zn (597,40 mg/kg MS) siendo tomados en raíces de *C. rigida* de la laguna Yanamate. *M. quitense* se registró únicamente en la laguna Ticticcocha obteniendo menores valores de acumulación de cadmio, plomo, zinc y cobre en los tejidos en diferencia con *C. rigida*, se toma como un tipo bioindicadora de contaminación del agua con metales de alta densidad. Con concentraciones de Cd, Cr, Pb y Zn en los sedimentos y las aguas de las sobrepasaron holgadamente los estándares ambientales nacionales de calidad de agua.

Huaranga (2019) realizó la Evaluación de contenidos metálicos en las especies altoandinas *Calamagrostis rigida*, *Trisetum spicatum* y *Senecio rufescens* en el entorno de la laguna de Yanamate, para determinar su potencial fitorremediador - Pasco – 2019, por lo que la indagación se realizó siguiendo ser un trabajo cuantitativo y descriptivo – explicativo, continuando ser una exploración no experimental – correlacional, utilizando la visualización de campo por medio de la afinidad de los impactos ambientales y de los seres vivos del entorno de la laguna. También, el muestreo se aplicó con tres estaciones, tres muestras por

cada estación. Se concluyó que, las propiedades físico-químicas de suelos rizosféricos de las especies alto-andinas *Calamagrostis rigida*, *Senecio rufescens* y *Trisetum spicatum* en el perímetro del lago de Yanamate ayudan su subsistencia en una superficie con contaminación. Además, se determina que la especie altoandina *Trisetum spicatum*, presenta mayor contenido de cobre (246 mg/kg MS), hierro (19088 mg/kg MS), Zn (748 mg/kg MS), plomo (255.25 mg/kg MS) además de cadmio (11.40 mg/kg MS) acoplada en su mayoría en los tejidos radicales, convirtiéndose como la especie con mayor potencial fitorremediador en su categoría fitoestabilizador.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Biorremediación

En concordancia con Covarrubias (2015) se emplean organismos vivos, como plantas, hongos y bacterias, para la eliminación o neutralización de contaminantes del medio ambiente.

2.2.2. Hiperacumuladores

Con respecto a las plantas hiperacumuladores Hancoco (2022) indica que pueden absorber y concentrar en sus tejidos cantidades de metales u otros contaminantes en mayores cantidades de lo que normalmente se esperaría, expresada en mg por Kg de materia seca.

2.2.3. Metal pesado

Se agrupa a los metales tóxicos como plomo, cadmio, mercurio, arsénico, zinc, entre otros con un peso atómico superior a 63.55 y tóxicos.

2.2.4. Rizosfera

Zona de suelo que se caracteriza por circundar la raíz de plantas además se lleva a cabo una intensa actividad biológica relacionada con la absorción de nutrientes y contaminantes.

2.2.5. Bioacumulación

Proceso por el cual los organismos acumulan sustancias, como pesticidas o metales pesados, a través de la cadena alimentaria, así como lo indica Llatance (2018).

2.2.6. Biomasa

Siendo el peso general de los organismos vivos en una superficie o magnitud definido, durante la óptica de la extracción, se refiere al peso de las plantas que se utilizan para extraer los contaminantes.

2.2.7. Lixiviados

Soluciones acuosas que han pasado a través de un material sólido (como el suelo) y han extraído sustancias solubles de ese material.

2.3. Bases teóricas

2.3.1. El agua

Es una composición de 2 átomos “hidrógeno (H) y oxígeno (O)”, esta unión se da mediante un enlace covalente, de esta forma se genera un ángulo de 105° con el oxígeno en el vértice. La unión del O y H genera propiedades individuales que favorecen el cumplimiento de acciones o tareas importantes en la naturaleza. La palabra “agua”, es referido al componente que se encuentra en liquidez, asimismo se encuentra de manera sólida y gaseoso. Este compuesto ocupa aproximadamente el 71% de la superficie del planeta (Ramírez, 2014).

2.3.2. Distribución del agua

El líquido elemento del planeta se despliega el 97% correspondiente a salado o conocida como de mar, por la otra parte el 3% que corresponde a dulce, este tipo de agua dulce se distribuye en un 77,6% en nieve y hielo, 21,8% están en las napas freáticas, y un mínimo del 0,6% de agua se encuentra en la superficie, y este 0,6% tangible está dividido en: 3% biológica, 7% atmosférica, 33% en humedad del suelo y 57% en lagos y ríos (Ugolini, 2006).

2.3.3. Propiedades físicas y químicas del agua

El líquido elemento o agua se caracteriza principalmente por la ausencia de sabor y olor cuando se encuentra en condiciones naturales, del mismo modo, este elemento presenta una conducción eléctrica relativamente baja a menos que se presente una disolución pequeña con material iónico, también se caracteriza por tener una capacidad alta calorífica, convirtiéndose como un solvente inigualable. Conforme a esta propiedad del líquido elemento traslada disueltos nutrimentales por medio de tejidos de seres humanos y vegetales además en la misma línea elimina desechos (Donald, 2009).

2.3.3.1. Potencial de hidrogeno (pH)

Considerado parámetro indicador de la basicidad correspondiente a una muestra. Este tipo de potencial de una proporción de agua es afectado por diversos factores, lo que de alguna forma u otra afectara el desarrollo de la biota acuática del ecosistema. Uno de los factores más importantes es la composición del lecho de roca y el suelo por medio que el agua discurre, lo que puede conferir condiciones acidas o básicas; otros factores que pueden alterar el pH son el

proceso de vegetación y presencia de materia orgánica en agua, drenajes mineros o domésticos, precipitaciones acidas, etc (JRamón, 2013).

2.3.3.2. Temperatura

Se conceptualiza como un parámetro principal en el medio acuático puesto que muchos procesos biológicos y químicos dependen de ella. Los organismos acuáticos desde los microorganismos hasta los peces dependen de ciertos rangos de temperatura para su salud óptima; si las temperaturas están fuera de este intervalo óptimo en un periodo prolongado de tiempo, los organismos se estresarán y en algunos casos hasta podrían morir. En un ambiente tipo laguna la temperatura presenta un gradiente, recibiendo mayor calor en los niveles más superficiales (JRamón, 2013).

2.3.3.3. Conductividad

La conducción eléctrica es considerada como un parámetro o medida de capacidad de una solución acuosa que conduce electricidad. Se encuentra afectada a causa de la existencia de sólidos no orgánicos diluidos similarmente a aniones (cloruros, nitratos, sulfatos) o como cationes (sal, manganeso, calcio, hierro y aluminio) siendo un indicador del contenido de minerales en el agua (mineralización) o sales disueltas. Uno de los principales factores que pueden alterar la conductividad son las descargas (vertimientos o escorrentías) que llegan al ambiente acuático, y el grado afectación del ambiente va a depender de la composición y concentración de la misma. Cambios significativos en la conductividad podrían ser indicadores de una descarga u otra fuente de polución en el cuerpo de agua (JRamón, 2013).

2.3.3.4. Oxígeno disuelto

El proceso de asignación de oxígeno dentro de los elementos de líquido innato se encuentra identificada por la conmutación gaseosa por medio de la superficialidad del líquido elemento, elaboración fotosintética, consumición respiratoria y por último por las fases físicas de advección y difusión (Roldan, 2008).

2.3.3.5. Solidos totales disueltos (TDS)

Estos incluyen un grupo de sales no orgánicas y cantidad mínima de cuerpo orgánico mezclados en agua. Los TDS radican de nitratos, fosforo, hierro, calcio, cloruros, azufre, partículas y entre otros iones que se caracterizan por trasladarse por medio un filtro poroso de 2 micras (0,002 cm) de tamaño. En los organismos acuáticos, la concentración de TDS dificulta la homeostasis del líquido elemento o agua además de las sales en las células. Esta condición afectara su capacidad

para mantener la densidad celular adecuada, consiguiendo flotar o hundirse hasta una profundidad a la que no se puede adaptar y morir (JRamón, 2013).

2.3.4. Contaminación del agua

Esta terminología refiere ser la conducta de integrar organismos entre otros tipos de cuerpo o materias en el líquido elemento o agua, de esta forma infectando este elemento. Conforme a la Organización Mundial de la Salud (OMS) indica cuando el agua entra a un estado de contaminación; “la constitución del líquido es variado o modificado consecuentemente no llega a presentar las condiciones indicadas para su utilización, que podría ser usado en su estado innato” (Guadarrama, 2016).

2.3.5. Ciclo hidrológico del agua

Este proceso evaporativo se origina en el suelo o tierra y en el mar, este vapor producido se caracteriza por presentar una mínima densidad consecuentemente flota y es trasladado por el viento causando lluvias, granizadas o nieve. En el momento en que llega al suelo se desvía por diversos caminos: Desplazarse por el suelo y dirigirse a ríos o corrientes, también servir como fuente de hidratación por la flora, además pueden llegar a filtrarse en depósitos subterráneos de esta manera cargando los mantos acuíferos en áreas donde entra en contacto con solutos como el zinc alterando sus características físicas.

2.3.6. Calidad del agua

El agua adecuada para la supervivencia de peces sucede no ser adecuado para el deporte de nadar y aguas útiles para que pueda ser consumido por las personas pueden resultar inadecuado para usos industriales. En tal sentido en función al uso que se le va dar el agua debe especificar su calidad. De acuerdo a esta valoración, se considera que el agua se encuentra infectada o contaminada al estar expuesto a cambios que perjudican el uso autentico o potencial (OMS, 2006).

2.3.7. Drenaje ácido de mina

Derivado por medio de minerales azufrosos que se origina de manera natural. Durante tiempos anteriores, se llegaron a exteriorizar yacimientos de minerales a causa de una característica inusual que era la presentación de agua rojiza, de esta forma mostrando la existencia de minerales sulfúricos. Durante 30 años atrás, se empezó a desarrollar la concientización sobre el cuidado ambiental relacionado con las aguas ácidas, que presentaban concentraciones altas de metales disueltos, dando origen al concepto "drenaje ácido de mina" DAM. Sin embargo, el DAM no solo se presenta en zonas mineras, puesto que la terminología "drenaje ácido de roca" DAR igualmente es utilizado usualmente (MEM, 2008).

Siendo los términos empleados “DAM o DAR” se refiere: drenaje en estado de infección o contaminación producto de la oxidación de mineral sulfurado y mezclas de metales relacionados que son originarios de rocas azufrosos en el momento de ser mostrados en el aire o en el agua. El proceso de DAR aun depende del contexto y tiempo en donde se toman en cuenta fases de oxidación de manera biológica, química y fenómenos físicoquímicos relacionados, además considerando el proceso de encapsular y precipitar (MEM, 2008).

De acuerdo a lo expuesto, es prudente explicar la conceptualización del drenaje infectado o contaminado. El procesamiento del DAR de pH mínimo y elevado dentro de los metales presenta un desarrollo en el transcurso de los años, químicamente el líquido elemento de drenaje va cambiando convirtiéndose progresivamente más ácida, presentando centralizaciones ascendentes de metales. Pero denotándose en la parte de la conceptualización, el D A R engloba de forma general a los drenajes infecciosos por el efecto de la mezcla de minerales azufrosos y la oxidación. Pudiendo cambiar sus características del drenaje con el tiempo, desde ligeramente alcalino pasando por casineutro y terminando en ácido. Cerca de la totalidad el D A R presenta ciertas características, como:

- pH valores que se encuentran bajo de 7 hasta 1,5
- Alcalinidad declinante y acidez ascendente
- Densidad mayor sulfurosos
- Densidad mayor metálicos
- Densidad mayor de sólidos diluidos totales.

2.3.8. Humedales naturales

Zonas de cambios entre ecosistemas; acuática y terrestre, engloba un amplio grupo de entornos tales como turberas, marismas, pantanos y llanuras aluviales. En su totalidad de humedales presentan una individualidad en particular el cual reside en la disposición constante de agua, en otras palabras, se diferencia por ser ambientes generalmente saturados. Es por esta razón que se establecen condiciones anaeróbicas. El caudal o flujo es caracterizado por su lentitud, esto accede a la precipitación de precipitaciones y el incremento del tiempo de contacto con las aguas y el sustrato de los humedales. Conforme a lo expresado, esta individualidad fomenta el inicio o desarrollo de microorganismos que se responsabilizan de reducir, transformar y sintetizar cantidades de sustancias (Neobux, 2008).

2.3.9. Humedales artificiales, *wetlands* o biofiltros

Procedimientos conformados por ecosistemas difíciles de entender o complejos, plantas, sustratos, y agua, con el propósito de remoción de los contaminantes donde puedan estar dentro del agua residual. El humedal (*wetland*) es usado a fin de explicar áreas que cuentan con tres componentes típicos:

Disposición de agua: zona inundada constante o mediante periodos.

Superficies características: Se clasifican como hídricos.

Flora adecuada o apropiada: predominando las plantas macrófitas ajustadas a factores hidrológicas (Miglio, 2000).

Los oconales son áreas con suelo permanentemente inundados constituyendo vegas o ciénagas; con dirección de agua que se originan del derretimiento de glaciares. Estos lugares tienen un gran valor entre los criadores de animales puesto que se forman bebederos innatos. Del mismo modo, se genera una zona cultivable, ya que el componente principal es la *Distichia muscoides* popularmente conocida como “champa” su característica física es de forma tipo cojín de superficie plana o convexos muy compactos de tamaño grande, que pertenece a la familia de las Poaceas encontramos *Calamagrostis sp* “sora” una gramínea de 50 cm de altura (Aduvire, 2006).

2.3.10. Tratamiento de aguas de mina

En las operaciones mineras o procesos privados se utilizan aguas de un nivel bajo de calidad. Es por ello, que se necesita que se intervenga previamente al ser reutilizado. Dicha intervención o tratamiento es imprescindible solo cuando: los contribuyentes disponen el reusó directo de dicho elemento en el proceso, además luego de una fase o proceso el agua cambia sus condiciones y pueda causar consecuencias nocivas para los componentes del sistema.

Asimismo, se necesita del tratamiento para el flujo de desperdicios que provienen de trabajos de minería además del beneficio de minerales previos de su exclusión. Se incluyen efluentes de mina, además de la filtración y escurrimiento del líquido elemento superficial originario de presas de relaves, materiales usados a causa de la lixiviación en las pilas y desmontes.

Conforme a las exigencias de las cualidades adecuadas del líquido elemento o agua, la intervención o tratamiento incluyen: neutralización, eliminación de partículas, eliminación de los sólidos disueltos, eliminación de constituyentes orgánicos.

Los dos procedimientos de intervención o tratamiento “activo y pasivo” podrían ser usados en el tratamiento (Beltrán, 2001).

2.3.10.1. Tratamiento activo del drenaje ácido

Consiste en incorporar elementos alcalinos, en lo habitual se utiliza el cal, sosa cáustica, cal hidratada, carbonato sódico o amoníaco, caliza triturada, para poder neutralizar el ácido de esta forma lograr las propiedades indicadas a fin de acelerar los metales de alta densidad. Dichos metales expulsan hidróxidos insolubles dentro de un intervalo de pH que usualmente está incluido en 8,5 a 10. Por su parte el hierro de férreo se transforma en un hidróxido ferroso en pH mayor a 8,5 por su parte el manganeso cambia a ser insoluble puesto que el pH es mayor a 9,5. El aluminio dentro del agua con un pH de 5,5 luego se convierte nuevamente en soluble a pH mayor de 8,5. En consecuencia, dependerá de las concentraciones y el tipo de metales dentro de las aguas ácidos (AA).

Mayormente los sistemas de intervención o tratamiento de forma activa dirigida a las AA de mina se basan en precipitación de hidróxidos, donde se ejecutan en 3 procedimientos:

- Oxidación (con el fin de transformarse Fe^{2+} en Fe^{3+})
- Dosis con álcalis, principalmente $\text{Ca}(\text{OH})_2$ así mismo con $\text{Na}(\text{OH})_2$, NaHCO_3 entre otros componentes.
- Sedimentación.

En cada fase que se concreta durante el desarrollo genera la oportunidad a fin de intensificar, de esta forma existe posibilidades de mejora en la eficacia del proceso, en efecto: oxidación se ejecuta tradicionalmente por medio de la ventilación, pero en otras eventualidades favorecidas la oxidación probablemente incrementa a causa de la utilización de diferentes enfoques mecánicos y que reaccionan a químicos (principalmente peróxido de hidrógeno H_2O_2).

Respecto a la fase de porción con álcalis, entendemos que cada reactante presenta particularmente desventajas y ventajas. En la mayoría de casos el reactante más barato es la cal apagada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). No obstante, se busca precipitar mayores centralizaciones de Mn, Zn y/o Cd, en este caso la sosa cáustica llega a ser más económico. El ambiente dispuesto para un vegetal de tratamiento es reducido, además se podría utilizar el amoníaco como gas (Aduvire, 2006).

El procedimiento de intervención activo son fases sistemáticas que exigen una acción constante por el ser humano, como la planta de procesamiento de aguas residuales, ocasionalmente hay fases dentro de los sistemas de tratamiento activo que comprenden: precipitar y neutralizar, ventilar, filtrar y ósmosis reversa, intercambiar iónicas, y ablandar los químicos (Neobux, 2008).

2.3.10.2. Tratamiento pasivo del drenaje ácido

A sabiendas que los procedimientos pasivos indican una adecuada eficiencia durante el tratamiento en caudales, este escenario es habitual en zonas mineras en estado de abandono o durante un cierre, es preferible primero realizar la consolidación geotécnicas y físicas de minas que están a punto de cerrar, consecuente de las labores de restauración y sellado de esta forma se aminora los niveles de descarga de los afluentes. Luego de decepcionar el drenaje residual y de escoger la forma de tratar, se tiene que realizar la identificación de características geoquímicas, de la misma forma tener atención única del contexto hídrico, así mismo las variaciones climáticas.

Considerando que las metodologías de tratamiento habitual de las AA presentan precios altos consecuentemente no se mantienen por mucho tiempo cuando las minas dejan de funcionar, de esta manera obligando a buscar otras formas para tratar este líquido elemento, en este caso son los sistemas pasivos. Dentro de las intervenciones pasivas que puedan ser utilizadas para flujos externos están: humedal artificial, drenaje anóxico, balsa orgánica y sistema de producción alcalina; por otro lado, para la intervención de flujos subterráneos tenemos: barreras reactivas permeables. Por consiguiente, para depósitos de minería los bioprocesos anaerobios. La finalidad consiste en eliminar la acidez, precipitar los metales de mayor densidad y la supresión de materias infecciosas (Aduvire, 2006).

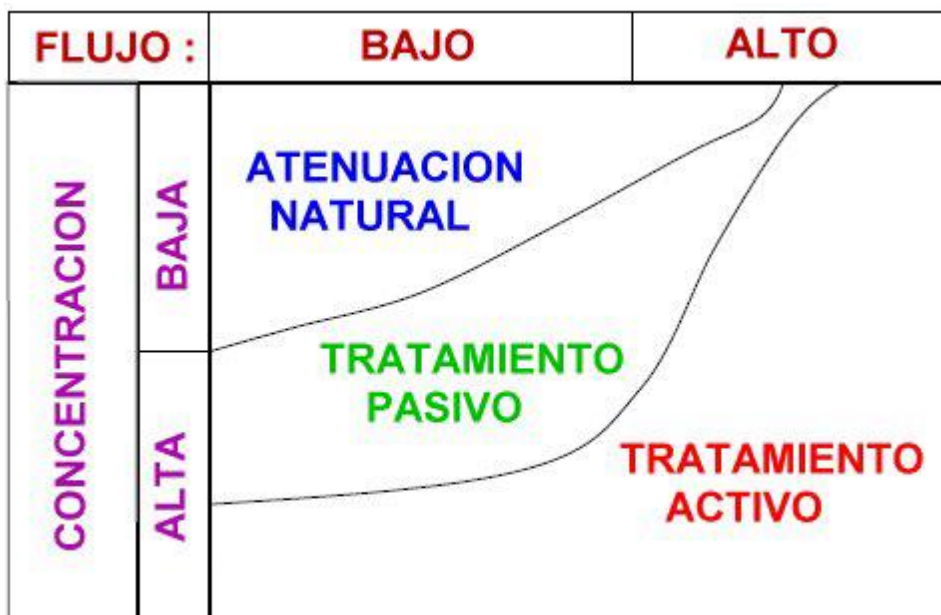


Figura 1. Rango óptimo para ejecución en sistemas de tratamiento en aguas ácidas.

Fuente: Aduvire, 2006.

a) Humedales aerobios (HA).

Buscan replicar procesos y fenómenos de los humedales innatos como son las marismas, pantanos y turberas, de esta manera favoreciendo un contexto adecuado para el crecimiento de ciertas plantas, también conjuntos de organismos: bacterias, musgos, algas y protozoos, quienes purifican el agua (Ayala, 2004).

Dichos humedales se extienden en grandes proporciones y cuentan con una tenue lámina de agua que sobrepasa la base en donde se encuentran las plantas. Los caudales lentos en los humedales permiten alcanzar tiempos de detención imprescindibles de depuración de las aguas por presentar fases lentas.

Este tipo de procedimientos ayudan la relación entre el aire y agua infectada o contaminada por medio de la utilización de vegetales o plantas acuáticas. Los sustratos oxigenados de los humedales facilitan el formar un hábitat en las cuales se desarrollan grupos bacterianos que proceden como catalizadores de partículas infecciosas o contaminadas, evolucionando en el hierro el Fe^{2+} a Fe^{3+} , en donde por último se despliega en forma de hidróxido. Los vegetales que se originan en estos humedales tienen la capacidad de transmitir $45 \text{ g O}_2/\text{m}^2/\text{día}$ por medio de las raíces, imponiendo un contexto de aerobiosis durante la base en donde se presencia la contaminación (Ayala, 2004).

La consistencia de vegetales o plantas en este caso "Typha" dentro de un humedal oscila entre $10 \text{ plantas}/\text{m}^2$, es por ello si se desea mantener esta cantidad es preciso utilizar fertilizantes puesto que los líquidos elementales o agua de las minas transmiten negativamente los nutrientes adecuados e indicados.

Las algas dentro de los humedales estimulan la bioacumulación del manganeso y hierro que son los metales pesados y estos son utilizados como macro nutrientes. En la zona de las raíces, las bacterias posibilitan catalizar las diversas partículas infecciosas (Aduvire, 2006).

b) Humedales anaerobios (HA)

Este espécimen de humedal en que las aguas de mina son direccionadas por gravitación y el aumento del pH en un nivel cercano al neutro debiéndose a la alcalinidad proveniente de bicarbonatos que son generados dentro del procesamiento desde la disminución anaerobia del sulfato y la dilución de la caliza (CaCO_3), a fin de prevenir el origen de fases aerobias produciendo acidez metálica a causa de la hidrólisis de algunos metales.

Siendo favorecido las propiedades anóxicas requeridos a fin de un correcto desempeño, el nivel del agua no tiene que ser mínimo a 30cm. Este nivel de agua encubre la base permeable con un espesor de 30 a 60 cm constituido en su mayoría por propiedades orgánicos como son: aserrín, estiércol, compost, turba, hierba.

El propósito de la base orgánica se basa en expulsar al oxígeno disuelto, disminuir el Fe^{3+} a Fe^{2+} , de esta manera producir alcalinidad a través de fases químicas o con la presencia de microorganismos. En esta extensión de sustrato se germina plantas con características de humedales, esto favorece a la estabilización el sustrato incluido del aporte de propiedades orgánicas.

Vegetación sobresaliente con un nivel elevado de producción a fin de conseguir la reposición.

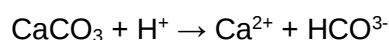
Base abundante en propiedades o materias orgánicas en descomposición a fin de empezar y sostener las fases de disminución del sulfato del mismo modo excluir el oxígeno esparcido. Recalcar que el cuerpo orgánico es un referente primordial en el metabolismo microbiano.

Régimen de caudales y altura del agua que son necesarias para mantener los ambientes anaerobios y facilita la vivencia de microorganismos.

Contar con un sustrato en el humedal que contribuyen a la alcalinidad en el medio (caliza machacada) que ayuden a la neutralización del pH.

Por los procesos de reducción bacteriana de los sulfatos en ambiente anóxico de igual forma disminuye la acidez mineral producto del Fe entre otros al precipitar como sulfurosos.

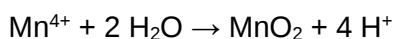
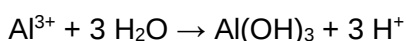
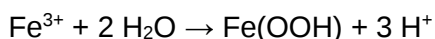
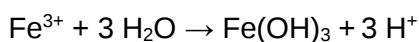
A demás otro origen de alcalinidad, también es la generación de sustrato, viene a ser la disolución de caliza al instante de la reacción con la acidez del solvente.



El proceso de sustracción de metales en los HA es producto de una aleación química, biológica y físicas que toman en cuenta la disolvencia, dispersión, oxidación/reducción, precipitación/coprecipitación, adsorción e intercambio iónico, donde cuentan presencia en los sedimentos en suspensión y el sustrato del humedal es ahí donde viven los microorganismos, algas y la vegetación. Del proceso de precipitación de óxidos, hidróxidos metálicos trasfiere partículas contaminadas del agua luego son llevados a los humedales. En casi la totalidad de hidróxidos presentan una disminuida solubilidad con pH 6 y 10, sin embargo,

la disolvencia de elementos contaminados “metales” se encuentra vigilada o controlada por la capacidad de oxígeno disuelto además del potencial redox.

Los esenciales efectos de precipitación de elementos contaminados dentro de los HA son la hidrólisis y la precipitación sulfurosos, la hidrólisis causa óxidos, hidróxidos y despliega acidez, además de los cationes que tengan la capacidad de ser removidos a través hidrólisis tenemos Fe^{3+} , Mn^{4+} , y Al^{3+} .



El disminuir las bacterias del sulfato dentro de los humedales viene a ser una fase fundamental donde ínsita la precipitación metálica además del equilibramiento de la acidez, sucede durante la interfase de aguasubstrato en condiciones anóxicas bajas, dentro de esta etapa se genera la separación del Fe^{3+} además de los hidróxidos precipitados se reducen a Fe^{2+} (Aduvire, 2006).

Por el intercambio iónico en humedales, se encuentra cierta predilección en el momento de la adsorción de cationes metálicos en contraste de cationes no metálicos por ejemplo; calcio y sodio. El cambio de sorción e iónico se producen en el substrato o en la interconexión agua-substrato, estos son impulsados principalmente por cuerpos orgánicos y arcillas los cuales denominados ser los fundamentales mecanismos de remoción.

En menor grado la erradicación de elementos contaminados o metales en HA, igualmente se logra dar a través de complejos mecanismos que consisten en la quelación entre iones metálicos y materia orgánica. Ciertos microbios y algas cuentan con habilidades de absorber elementos contaminados incorporándose a la estructura celular. Las algas más usadas son la Typha y el Sphagnum, sin embargo, en cierta medida improductivos durante el acopio de metales cuando presentan alta tolerancia en medios ácidos, en el caso de Sphagnum acumular el hierro en grados elevados de toxicidad puede generar la muerte.

Dentro del boceto de una balsa orgánica, de una percepción química, posibilita una supresión de la acidez en unidad de superficie y día (Ayala, 2004).

2.3.11. La fitorremediación

Se hace uso de las plantas a fin de descontaminar *in situ* de los depósitos y suelos que se encuentran infectados por metales pesados además de elementos orgánicos, esta tecnología de descontaminar está en su génesis. Los vegetales

degradan a los elementos contaminantes a través de 3 pasos: absorción directa y acumulamiento dentro del tejido de un vegetal. Expulsión a la superficie de oxígeno y sustancias biológicas-químicas, como es el caso de; enzimas estimulantes de la biodegradación.

El crecimiento de la biodegradación a causa de los microbios y hongos focalizados durante la interfaz suelo y raíz. El beneficio de la fitorremediación son los siguientes; el precio accesible, estética en las estructuras y la forma no intrusiva (Atlas, 1995).

Algunos vegetales son hiperacumuladoras de residuos contaminados, contando con la capacidad de absorber cantidades muy considerables al promedio, por medio de las raíces además de concentrar por un periodo largo a comparación de otros vegetales. Esta disposición, posiblemente empezó a evolucionar durante los años en tanto que los vegetales o plantas se desarrollaron en superficies innatas o naturales que conllevaban altas concentración de contaminación (Hernando, 2012).

Por su parte la fitorremediación se considera una técnica interesante, puesto que los metales son complicados de eliminar usando otras metodologías o tecnologías ya que sus concentraciones son mínimas (Jara, 2014).

Una de las dificultades que presenta la fitorremediación es cuando los hiperacumuladores habitualmente son vegetales de crecimiento lento, es por esa razón que juntan con un periodo tardío a los metales. Conforme a lo expuesto, las plantas salicáceas tienen la característica de un crecimiento avanzado esto garantiza ser adecuados en la fitorremediadores. En síntesis, es importante decepcionar las plantas previamente a que inicien un estado de putrefacción, con el propósito que los elementos infecciosos recogidos o absorbidos no terminen dispersándose en la superficie (Padilla, 2009).

Los componentes sustanciosos que emanan dichas plantas a la superficie adicionan enzimas y ligandos quelantes; a través de la complejación de un metal, los ligandos disminuyen el nivel de toxicidad de los elementos contaminados, por otro lado, las enzimas, eventualmente pueden biodegradar. Las plantas liberan oxígeno en sus raíces, de esta forma facilitan las transformaciones aérobicas (Kumar, 1995).

La fitoextracción consiste en que las plantas cuentan con el potencial de succionar todo tipo de metales, iones radioactivos y no metales. Estas plantas en su mayoría se encuentran en zonas donde las concentraciones de estos compuestos son

mayores, por ejemplo; en lugares de minería. De acuerdo a los estudios, no está evidenciado si el nivel de tolerancia de un vegetal o planta en un metal incita la tolerancia a otro. El proceso de traslocación y concentración, por medio de las raíces los elementos infecciosos producto de metales se impregnan en diversas partes de la planta, los tipos de flora “hiperacumuladoras” absorben elementos contaminados 10 a 500 veces más a comparación de otras plantas (Volke, 2005).

2.3.12. Nutrición mineral de las plantas

Se entiende que los nutrientes penetran en las raíces desde las soluciones del suelo. Aunque está comprobado que no siempre se produce de este modo, existen numerosas pruebas, obtenidas principalmente en los trabajos de investigación con soluciones nutritivas, que apoyan esta idea fundamental. Se ha comprobado que los cationes pueden ser absorbidos directamente desde la fase sólida del suelo sin pasar previamente a la solución. Este era el concepto de “intercambio por contacto” de Jenny y Overstreet (Jenny, 1989).

De los trabajos realizados con cultivos en soluciones nutritivas, ha podido deducir que una planta en crecimiento activo absorbe los iones nutritivos con velocidades relacionadas con su concentración o con su actividad en la solución (Khasawneh, 1984).

Estas investigaciones han demostrado, también que las relaciones entre la densidad de un nutriente en la reparación del suelo y las velocidades de absorción y de crecimiento no son únicas, sino que dependen de la especie cultivada, su velocidad de crecimiento y del estado de desarrollo. Por esta razón, los parámetros utilizados por los fisiólogos para describir la cinética de absorción de nutrientes (V_{max} = máxima velocidad de absorción y K_m = concentración iónica externa cuando la velocidad de absorción es el 50 % de la máxima), puede dar la falsa impresión de que las velocidades de absorción están relacionadas solamente con las concentraciones iónicas de la solución externa (Ferrer, 2008).

Las células de las plantas se encuentran divididas a causa de la pared celular, de esta manera se estructura una matriz porosa prolongada que se denomina como espacio aparente, espacio periplásmico o apoplasto. Molécula, iones y agua que son reducidos llegan a esparcir por medio del apoplasto, entonces un “ión” cuenta con la posibilidad de trasladarse radialmente por este camino. Durante el transcurso los iones posiblemente serán succionados por células en la epidermis y del córtex (Azcón, 2000).

La disposición completa de esta disponibilidad deberá considerar: 1) Concentrar la solución de la superficie; 2) la velocidad de reposición de la solución a nivel de la superficie radicular; 3) la cantidad de nutrientes que pueden reponerse a la solución; y 4) factores de la planta (Barver, 1984).

El zinc es consumido al igual que el catión divalente, Zn^{2+} , en lo posible de los casos, de manera de quelato. La disposición es superior a pH bajo (Azcón, 2000).

2.3.13. Bio-remediación

Dentro de las ventajas y avances que presenta el DAR, es sobre los procesos naturales y su forma de eliminar los elementos contaminados y dañinos. De esta forma, el trabajo biológico reduce partículas sulfurosas. (Aduvire, 2006).

Siendo una eliminación de forma directa o lineal de sulfato a sulfuro de hidrógeno donde es procedente de bacterias sulfuro-reductoras, de forma estricta anaeróbicas, especialmente en dos tipos de bacteria anaeróbica: Desulfovibrio (cinco especies) y Desulfotomaculum (tres especies) (Sánchez, 2010).

Dichas especies son cuerpos heterótrofos, cuentan con un sistema respiratorio en donde los sulfitos, sulfatos entre otros elementos reductibles de azufre disponen al igual que un aceptor final de electrón, la creación de sulfuro de hidrógeno. Dentro de la naturaleza, dichas bases se consiguen por medio de acciones fermentativas de bacterias anaeróbicas en las bases orgánicas con mayor complejidad (Aduvire, 2006).

Acciones bacterianas reductoras de azufres es de significancia por la relación y precipitación de metales además del incremento de alcalinidad. El ácido sulfhídrico responde sencillamente, así como, Cu diluido a valores menores de pH, a manera de mineral azufre no solubles. De igual modo, la precipitación del Zn posiblemente cuando se presencie un contexto favorable (Aduvire, 2006).

2.3.14. El zinc

Dentro de la funcionalidad del metabolismo de los seres vivos en su generalidad, el zinc representa ser un químico fundamental puesto que el organismo de las personas contienen al menos 40 mg de zinc por cada kilo, así mismo participa en la distribución de proteínas y ácidos nucleicos, estimula la acción de 100 enzimas, se implica en el adecuado desempeño del sistema inmunológico, también es un importante colaborador a la hora de la cicatrización de las heridas, por último, es participe de la interpretación de los sentidos gustativos y el olfativos y en la síntesis del ADN. El Zn está ubicado en la insulina, las proteínas y en diversas enzimas. La administración de zinc de forma constante obstaculiza la succión del cobre, además en casos que se aplique 50 mg por día ha presentado resultados que

ayudan a aminorar las concentraciones plasmáticas. Por el contrario, en dosis elevadas 2 g por día puede ocasionar irritación intestinal. De esta forma se presentarían síndromes infecciosos o tóxicos a causa del zinc como la anemia, fiebre y alteraciones del SNC.

Para considerar una toxicidad crónica o aguda se tendría que aplicar entre 225 a 450 mg en una sola oportunidad, desencadenando los siguientes síntomas: dolor en el abdomen, náusea/vómitos, diarrea, y alteración de la función inmune (Mivademeccum, 2014)

2.3.14.1. Metabolismo vegetal del zinc

El zinc es absorbido como Zn^{+2} y trasladado a los brotes como ión libre, principalmente. Su concentración en la materia seca de la planta es, al menos, tres o cuatro veces mayor que la del cobre. En algunas metaloenzimas que no están relacionadas con las reacciones de óxido reducción, el zinc puede estar sustituido por magnesio o manganeso y resulta muy significativo que no se conozca que ninguno de estos iones metálicos sea oxidado o reducido en las plantas. Se sabe que el zinc es un componente esencial solamente en tres enzimas vegetales: carbónica anhidrasa, alcohol deshidrogenasa y peróxido dismutasa (Azcón-Bieto, 2000).

Sin embargo, estudios realizados con enzimas que necesitan zinc, aislados de otros organismos y también con plantas con carencias de zinc, sugieren que es demandado específicamente para otras muchas enzimas vegetales, entre las que se encuentran las deshidrogenasas nucleotidotransferasas (polimerasas) y algunas peptidasas y protinasas. Se sabe que el cinc interviene en la síntesis de las auxinas (Sklenár, 2005).

2.3.15. Taxonomía de las especies en estudio

2.3.15.1. *Calamagrostis chrysantha* (Presl) Stendel – “sora”

DIVISIÓN	: Magnoliophyta
CLASE	: Magnoliopsida
ORDEN	: Poales
FAMILIA	: Poaceae
GÉNERO	: Calamagrostis
ESPECIE	: <i>Calamagrostis chrysantha</i> (Presl) Stendel
Nombre vulgar	: “sora”

Planta perenne, más o menos rizomatoza; cañas de 17 a 50 cm de alto, erguidas glabras; vainas glabras, las inferiores anchas, las más superiores alargadas y más

grandes que las basales; lígula de 7 – 18 mm de largo, membranácea, acintada, filiforme hacia el ápice; láminas mayormente entre 5-15 centímetros de prolongación, involutas, algo subrígidas, escabrosas de ápice algo punzante, las superiores reducidas; panículas de 2,5 a 6 centímetros de alargamiento por 1,3-2 centímetros de grosor, oblongas, cegadas, densas, amarillento – bronceadas, ramas cortas, ascendentes, floridas a partir de la base; espiguillas de 5 – 7,5 mm de largo, los pedicelos glabros, más pequeñas que las espiguillas; glumas iguales o aproximadamente iguales, agudas o subagudas, a veces 2-dentadas, gradualmente angostadas hacia el ápice; lemma de 3,8 – 4,8 mm de largo (generalmente de 4 mm), ápice truncado, desigualmente dentado o subsetáceo, globoso, la arista inserta aproximadamente a 1 mm de la base, de 2 – 3 mm de largo, delgada, recta; callo pubescente, los pelos densos, sedosos, de igual longitud que la lemma o algo más pequeño; raquilla delgada de 0,6 – 1,2 mm de largo, esparcidamente pubescente, los pelos de 2 – 3,5 mm de largo, situados sólo en la parte media; antes de 2 mm de largo, oblongas. Raquilla prolongada entre las glumas y la flor (Tovar, 1960).

2.3.15.2. *Distichia muscoides* Nees & Meyer – “champa”

DIVISIÓN	: Magnoliophyta
CLASE	: Liliatae
ORDEN	: Juncales
FAMILIA	: Juncaceae
GÉNERO	: <i>Distichia</i>
ESPECIE	: <i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyen
Nombre vulgar	: “champa”

Hierbas perennes, formando cojines, a menudo en ambientes húmedos, con tallos regularmente +/- divididos, cubiertos por hojas densamente dispuestas. Hojas alternas, dísticas, con una vaina ancha que abraza las hojas por encima, las hojas apicales 2 – 3, verdes, las hojas más viejas pajizas o de color marrón oscuro, la lámina terete, acuminada; vaina en forma de “U” o “V”, más larga que la lámina, auriculada. Inflorescencias reducidas a flores solitarias, laterales, subapicales. Flores unisexuales (plantas dioicas), < 7 mm de largo, pediceladas, con 2 – 4 bractéolas escariosas; tépalos desiguales; flores estaminadas con pedicelo largo, los estambres 6, los filamentos cortos, las antenas lineares, mucronadas; flores pistiladas con pedicelo corto, el ovario I-locular, con un ginóforo corto, el estilo más largo que los pétalos. Cápsula elipsoide a ovoide, aguda, amarillo-café; semillas numerosas, marcada e irregularmente esculpidas sin indicación de reticulación.

Distichia es un género pequeño de tres especies distribuidas desde Colombia hasta el norte de Chile. Dos especies se encuentran en los páramos de CO, EC y PE hasta 4600 msnm (Sklenár, 2005).

2.3.15.3. *Typha domingensis* PERS– “totora”

DIVISIÓN	: Magnoliophyta.
CLASE	: Liliopsida.
ORDEN	: Poales.
FAMILIA	: Typhaceae sensu lato
GÉNERO	: Typha
ESPECIE	: <i>Typha domingensis</i> PERS.
Nombre vulgar	: “totora”

Se caracteriza por pertenecer a la familia de plantas acuáticas, también enraizada, herbácea, perdurable, con una altura aproximada de 2,5 metros, además de sus hojas se extienden al tamaño de las espigas, cuenta con la parte superior inclinada en dirección, presenta epidermis ventrales con elevada cantidad de glándulas mucilaginosas con una tonalidad oscura, colocadas longitudinalmente orientadas a el soporte de la lámina, de los cuales sus medidas son; de largo 1,5 metros, ancho de 8-13 mm., envés curvado cercano de la vaina y plano hacia el ápice agudo. La inflorescencia pardo claro, con una o más brácteas foliáceas caducas. Teniendo flores de forma espigas masculinas hasta de 40 cm de largo y 15 mm. de ancho; alejadas de las femeninas por 0,6-5 cm, con bractéolas en la flor masculina filiforme-espatulada, generalmente ramificada, con cortes de segmentos largos, con puntos pardos oscuro en ápice, 2 a 4 mm de largo, 2 a 4 estambres, total o en parte soldados, filamentos, 1 a 2,5 mm de largo; anteras de 2 a 3 mm de largo y 0,15-0,20 de ancho, polen en mónadas; espigas femeninas de 50 cm de largo y 2 de diámetro, flores femeninas con bractéolas largas y delgadas, más largas que los pelos del ginóforo, color pardo claro en ápice, de 3 a 5 mm de largo, pelos del ginóforo coloreados en su punta y más cortos que los estigmas, ovario fusiforme, estilo de 1 a 2 mm de largo, estigma largo y delgado, 0,5-1,5 mm de largo. Fruto fusiforme, de 1-2 mm de largo (Sklenár, 2005).

2.3.16. Descripción de Castrovirreyna Compañía Minera S.A

Compañía orientada al área de la minería y metalurgia, destinada a la inspección y bien de minerales de plata, además de operar en zonas de oro, plomo y zinc, el cual son sacados de una cantera polimetálico. La compañía de Producción San Genaro es accesible desde Lima por carretera a través de:

- La primera ruta partiendo de Lima, Pisco, Hauytara, Rumichaca, Santa Inés, San Genaro, teniendo como un total de 445 Km.
- Segunda ruta iniciando de Lima, luego por Huancayo, Huancavelica, Santa Inés, San Genaro, obteniendo un total de 695 Km.
- Las vías de Lima hasta Rumichaca y Lima, Huancayo hasta Huancavelica se encuentran en un estado de asfalto, entre tanto el resto de vías no (Tovar, 1960).

2.3.17. Recopilación histórica de Castrovirreyna Compañía Minera S.A

Nuestro país mantiene un historial extendido de actividades mineras (Shimada y Merkel, 1991). En el tiempo del imperio inca y Pre-Incaico desde tubo relativamente poca acción minera. Siendo los minerales extraídos entregados a las fundidoras ubicadas en el norte del Perú. Metales de Au, Ag, Cu y aleaciones de Cu/As fueron las materias primas para la fabricación de armamentos, herramientas y efecto individuales. Incrementándose la minería posterior a la conquista del Perú, estando año 1530, por el interés del oro y la plata de los conquistadores españoles. Siendo introducido las tecnologías europeas de minado para intensificar la productividad minera en el Perú. Con una duración del 1500 a finales 1700 DC. En la minería peruana el auge de la actividad minera se inició en el siglo XX, en cuanto se establecieron industrias peruanas y del extranjero en diferentes distritos con riqueza mineral, teniendo por ejemplo a Huancavelica y Cerro de Pasco (MEM, 2008).

La unidad minera San Genaro es la compañía con mayor explotación y producción de plata en la provincia de Castrovirreyna. Esta exploración miera favoreció fundamentalmente en la economía del Perú, teniendo una actividad en épocas de la conquista, puesto que se encontraron señales de labores pasados en las vetas Quispisisa, San Julián, Bonanza entre otras zonas mineras colindantes. Durante el periodo Republicano emergieron los primeros exploradores de este territorio. Son distinguidos las exploraciones de *Pfluker y Beartl*. A posteriori, en los años 1907, se fundó la Compañía Minera Santa Inés de Morococha S.A., en la actualidad el acreditado de todas las posesiones mineras y con muchos denuncios mineros en la zona. Dicha organización a través de un contrato de exploración y explotación transfiere su potestad a Castrovirreyna Compañía Minera S.A. (CCMSA), estableciéndose la compañía en el año 1942.

Desde tal fecha hasta nuestros días, Castrovirreyna Compañía Minera S.A. laboro los territorios transferidos, utilizando tecnología y técnicas adecuadas para la

explotación, de la misma manera impulsaron la producción de plata. En tiempos actuales la compañía ha explotado casi cuatro millones de toneladas, entonces se llegó a socavar un aproximado de 90 Km tanto en dirección vertical u horizontal, consiguiendo cerca de 41 millones de onzas de plata fina.

Es una compañía minera direccionada a la producción de concentrados de plomo, plata y zinc, y en concordancia con su política y plan de manejo ambiental desarrolla actividades de preservación, cuidado, corrección y restitución de elementos que podrían afectar la actividad (Mamani, 2017).

2.4. Marco legal

A fin del establecimiento de esta indagación se presentó como fuente las leyes peruanas siguientes:

- “Ley de recursos hídricos (Ley N° 29338) y su reglamento (Decreto Supremo N° 001-2010-AG)”.
- “Estándares nacionales de calidad ambiental para el agua (Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM)”.
- “Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas (Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM), la que señala en el anexo 1, para el parámetro zinc total un límite en cualquier momento de 1,5 mg/L”.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

La unidad de producción San Genaro tiene la ubicación política en el distrito de Santa Ana, provincia de Castrovirreyna y departamento de Huancavelica y geográficamente se encuentra en la sierra central al Suroeste de la región de Huancavelica y a 50 kilómetros al NE de la comunidad de Castrovirreyna, con una altitud de 4766 msnm, ubicado en la región Suni o Jalca, rodeado por la laguna Orcococha, a la misma que se puede acceder desde Ayacucho por la ruta: vía Los Libertadores-Pilpichaca-Santa Inés Alta, ver figura 5. Ubicación de la Unidad de Producción “San Genaro” y Figura 6. Mina Pampamachay y sistemas de tratamiento de las aguas de la Unidad de Producción “San Genaro”.

3.2. Efluente de la mina Pampamachay

La bocamina de Pampamachay se encuentra actualmente fuera de operaciones y situada en las coordenadas WGS84 UTM: N 8 541 932, E 485 695, zona 18L y a una altitud de 4 675 msnm, en esta bocamina se tiene un efluente cuyo caudal varía entre 12 L/s y 34 L/s ($0,012 \text{ m}^3/\text{s}$ y $0,034 \text{ m}^3/\text{s}$) en épocas de estiaje y lluviosas respectivamente y que tiene un pH de 4,5 a 5,8, el drenaje ácido sale de la mina mediante un canal con dirección a las pozas de tratamiento. Para la sedimentación de lodos generados por la alimentación de hidróxido de calcio y floculante para neutralizar la acidez y precipitar las partículas sólidas en suspensión. Para la intervención del líquido elemento en Pampamachay se utiliza metodologías tecnológicas como SIMONS, el cual comprende en agregar 0,10 g/l de óxido de calcio alimentada por oscilación continua en tanques. La alimentación de óxido de calcio y floculante se hace en forma automática. Después del tratamiento el efluente cumple con los límites máximos permisibles y son descargados a la quebrada de Pampamachay con dirección a la laguna Orcococha (SVS, 2004).

3.3. Diseño e instalación de las pozas para los tratamientos

Se realizaron la construcción de 05 (cinco) pozas, a 300 metros al Sur-Oeste de la bocamina Pampamachay (Ver figura. 7), con las siguientes dimensiones: 5,5 m. X 1,5 m. X 0,5 m, impermeabilizado con geomembrana de HDPE de 1 mm de espesor donde se depositó sustrato hasta una altura de 30 cm para que sirva de soporte a los especímenes vegetales y sobre esta un espejo de agua, (con un volumen útil por pozas de 3,3 m³).

Asimismo, para el abastecimiento de las aguas de la mina Pampamachay, se instalaron 300 metros de tubería de 2 pulgadas de diámetro, desde la bocamina hasta cada una de las 5 pozas, en las que se instaló válvulas para el control del caudal que ingresa a las pozas, ajustando a 5 ml/s.

Posteriormente fueron sembrados 100 plantulas con un peso de 50 gr. aproximadamente de material vegetal en cada una de las pozas de acuerdo al diseño experimental, dispuestos de acuerdo al sistema de tres bolio, a una distancia de 15 cm entre plantulas, ver la Figura 7. Diseño de pozas para la intervención de líquidos provenientes de la mina Pampamachay y Figura 8. Diagrama de instalación de los diferentes tratamientos para las aguas de la mina Pampamachay, de acuerdo a la Tabla N° 01.

Tabla 1. Composición de las pozas para el tratamiento aguas del efluente de la mina Pampamachay de la unidad de producción “San Genaro de Castrovirreyna Compañía Minera S. A” (SGCCMSA). – Huancavelica.

Tratamiento	Sustrato (inerte)	Especies vegetales
01	Si	<i>Calamagrostis chrysanth</i> (Presl) Stendel “sora”
02	Si	<i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyer “champa”
03	Si	<i>Typha dominguensis</i> “totora”
04	Si	<i>Calamagrostis chrysanth</i> (Presl) “sora”, Stendel, <i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyer “champa” y <i>Typha dominguensis</i> “totora”
05	Si	Solo sustrato

3.4. Descripción de la unidad de muestreo

3.4.1. Muestra del afluente

Un litro de agua proveniente de la bocamina Pampamachay, muestra colectada al ingreso a los diferentes tratamientos, durante el desarrollo experimental se tomaron 10 repeticiones de la muestra, en la que se realizó el análisis de seis (06) parámetros fisicoquímicos.

3.4.2. Muestra de efluente

Un litro de agua colectada al finalizar los tratamientos de acuerdo a los indicado en la tabla N° 01, durante el proceso experimental se tomaron un total de 50 repeticiones de la muestra indicada, en la que se realizó el análisis de seis (06) parámetros fisicoquímicos.

3.4.3. Muestra vegetal y sustrato antes de la experimentación

Colección vegetal (raíz, tallo y hojas) con un peso de 500 g de cada una de las siguientes especies *Calamagrostis chrysantha* (Presl) Stendel) “sora”, *Distichia muscoides* Nees & Meyer “champa” y *Typha dominguensis* “totora”, proveniente de la quebrada Santa Inés y de crecimiento natural en un área en la cual no se tiene indicio de contaminación por zinc.

500 g de sustrato compuesto por tierra correspondiente al horizonte O de los contornos de la población de Santa Inés, que no ha sido expuesto al efluente minero.

3.4.4. Muestra vegetal y sustrato después de la experimentación

Muestra vegetal (raíz, tallo y hojas) con un peso de 500 g de material vegetal de las siguientes especies *Calamagrostis chrysantha* (Presl) Stendel) “sora”, *Distichia muscoides* Nees & Meyer “champa” y *Typha dominguensis* “totora”, especímenes expuestos al efluente de la mina Pampamachay durante el proceso experimental y de acuerdo a la tabla N° 01.

500 g de sustrato expuesto a él efluente de la mina Pampamachay durante el desarrollo experimental y de acuerdo a la tabla N°02.

3.5. Periodicidad de los muestreos

3.5.1. Muestras de efluente y afluyente

Se empezó a registrar el recojo de muestras a lo largo de 10 semanas, siendo 70 días calendarios, en el periodo comprendido entre febrero a abril del 2011, en dicho periodo se realizó el muestreo cada siete días, realizando el muestreo los días miércoles de cada semana, llegando a diez (10) muestras por cada tratamiento de acuerdo a la tabla N° 01 siendo cincuenta (50) muestreos y diez 10 muestreos del afluyente, haciendo un total de sesenta (60) muestras colectadas durante el desarrollo experimental, siendo estas examinadas dentro del laboratorio del Departamento de Medio Ambiente de “Castrovirreyna Compañía Minera S.A”.

3.5.2. Muestras vegetales antes y después de la experimentación

Se procedió a la toma de muestra vegetal (aproximadamente 100 g.) de las diferentes especies vegetales y una muestra de sustrato (500 g.) antes de la

exposición al efluente de la mina Pampamachay, posterior a las 10 semanas de experimentación (exposición al efluente) se volvió a tomar las muestras de las diferentes especies vegetales y una muestra de sustrato, siendo cuatro (04) muestras antes de la experimentación y cuatro (04) muestras tras la experimentación, ascendiendo a 8 muestras en total, las mismas que se enviaron a los laboratorios de la organización JRamón del Perú S.A. para su posterior análisis, ver el detalle en el anexo 5.

3.6. Técnica de muestreo

Durante este proceso se protegieron las muestras para evitar posibles contaminaciones, de esta forma se tomó en cuenta las precauciones descritas por los Métodos Normalizados para el análisis de agua potables y residuales según APHA, AWWA, WPCF (1992).

- La totalidad de muestreos del líquido dirigidas a fin de identificar los parámetros de campo: pH, temperatura, conductividad eléctrica, dureza, sólidos totales disueltos se recolectaron en recipientes de vidrio de 0,5 – 1,0 L. de capacidad con tapa rosca, anticipadamente lavados con agua destilada. Para realizar el muestreo se enjuago en dos oportunidades con el agua de la fuente, luego se muestreo el agua del manante a unos 30 centímetros de profundidad.
- Muestras de agua dirigidas a la exploración de metales se recolectaron en botellas de polietileno de un litro y de un sólo uso, se aplicó en cada punto indicado, en dos oportunidades se enjuago la botella con el agua de la fuente previamente de la toma de muestra definitiva, se aplicó a una profundidad de 30 centímetros.
- En cada muestra de material vegetal y sustrato destinada a la exploración de metales pesados, se introdujo en una bolsa de polietileno, sellándolo y se trasladó hacia el laboratorio en la misma fecha de la recogida de muestras, es importante precisar que todo se llevó a cabo en temperatura ambiente y se analizaron en los 5 días posteriores tras la toma en el laboratorio de JRamón del Perú S.A. en la ciudad capital del país.

3.7. Medición de parámetros

Los parámetros tomados en cuenta son: pH, oxígeno disuelto, temperatura, conductividad, sólidos totales disueltos y concentración de zinc. El general de estos parámetros fue considerado de acuerdo a los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero - Metalurgicos aprobado mediante Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM.

Los parámetros pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y sólidos totales disueltos fueron determinados a través del equipo Multiparametro Sension156 N° 54650-18 de la marca HACH.

La concentración del zinc fue determinado a través del equipo Fotómetro Multiparámetro de Sobremesa Serie C 200 de la marca HANNA.

3.8. Métodos de evaluación de la concentración de zinc

3.8.1. Método del zincón

Para dicho método, es importante exponer el principio: el zinc forma un compuesto azul con 2-carboxi-2'-hidroxi-5'-sulfoformil benceno (zincón) en una solución tamponada a pH 9,0. De igual manera, otros metales pesados conforman coloreados con zincón. Se agrega cianuro para complejar el zinc y metales pesados. Adiciona ciclohexanona a fin de liberar selectivamente el zinc de su complejo cianuro, de manera que pueda formar complejo con zincón formando un color azul. El ascorbato de sodio reduce la interferencia de manganeso. El color desarrollado es estable, excepto en presencia de cobre.

Manual de instrucciones – Series C99 y C 200 Fotómetro multiparámetro de sobre masa – HANNA Instruments.

ESPECIFICACIONES:

Rango	0,00 a 3,00 mg/l
Resolución	0,01 mg/l
Precisión	+/- 0,03 mg/l +/-3% de lectura
Desviación EMC Típica	+/- 0,01 mg/l
Fuente de Luz	Lámpara de tungsteno con filtro de interferencia de banda estrecha @575 nm

Método adaptación del método zincon de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18° edición. La respuesta entre el zinc y los reactivos ocasiona una coloración naranja a violeta oscuro en la muestra.

REACTIVOS NECESARIOS

Código	Descripción	Cantidad
HI 93731A-0	Reactivo A	1 paquete
HI 93731B-0	Reactivo B	0,5 ml

Procedimiento de medición

- En el fotómetro multiparámetro se seleccionó el número de programa correspondiente al Zn en el grado secundario del *display* pulsando PROGRAM ▲ y ▼.

- Llenando una probeta graduada hasta la marca de 20 ml con la muestra.
- Se añade el contenido de un paquete de reactivo zinc HI 93731A, cerrando la probeta e invirtiendo varias veces para que se mezcle hasta que la dilución sea completa.
- Se llenó una cubeta con 10 ml de la muestra tratada hasta la marca.
- Colocando la tapa e inserte la cubeta en la célula asegurándose de que la muesca de la tapa coincida perfectamente en la ranura.
- Se presionó ZERO y SIP parpadeará en el display.
- Esperando unos pocos segundos y el display mostrará “-0,0-“. Ahora el medidor está en cero y listo para medición.
- Se retiró la cubeta y añadida 0,5 ml de cyclohexanone HI 93731B a la cubeta.
- Nota: Para evitar que la tapa de policarbonato pueda contaminarlo, antes de colocarla, se cerró la cubeta que contiene la muestra con el tapón de plástico HDPE suministrado.
- Colocado la tapa y se hizo girar la muestra durante 15 segundos.
- Se insertó la muestra en el instrumento.
- Se pulsó TIMER y el Display la cual mostró la cuenta atrás previa a la medición “o”, como alternativa, espere 3 minutos y 30 segundos y pulse READ DIRECT. En ambos casos “SIP” parpadeará durante la medición.
- El instrumento muestra directamente la concentración en mg/l de zinc en el display.

Interferencias

Las interferencias pueden estar causadas por:

Aluminio superior a 6 mg/l

Cadmio superior a 0,5 mg/l

Cobre superior a 5 mg/l

Hierro superior a 7 mg/l

Manganeso superior a 5 mg/l

Níquel superior a 5 mg/l

3.8.2. Evaluación de la concentración de metales por espectrometría de absorción atómica de llama

La espectrometría de absorción atómica es parecida o similar a la fotometría de llama de emisión en donde la muestra es aspirada en una llama y atomizada. La diferenciación principal radica cuando la fotometría de llama se mide la cantidad de luz emitida, entre tanto la espectrometría de absorción atómica se direcciona

un rayo luminoso por medio de una llama a un monocromador y sobre un detector que calcula la cantidad de luz absorbida por el elemento atomizado en la llama. Para determinar metales, la absorción atómica presenta una sensibilidad mayor a la emisión de llama. Cada metal cuenta con una propia longitud de onda de absorción característica, se emplea como fuente luminosa una lámpara compuesta de dicho elemento; proporcionando un método relativamente libre de interferencias espectrales o de radiación. La cantidad de energía absorbida en la llama a una longitud de onda característica es proporcional a la concentración del elemento en la muestra, en un intervalo de concentraciones limitado. La mayor parte de los instrumentos de absorción atómica están equipados para funcionar también en la forma de emisión.

3.8.3. Evaluación de concentración de metales pesados en materia vegetal y sustrato

Las muestras consideradas en la presente indagación de carácter investigativa se analizaron en el laboratorio JRamón del Perú S.A. utilizando el método EPA (Agencia de Protección Ambiental). Method 200.7. Revision 4.4. Determination of metals and trace elements in water and wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic. Emission Spectrometry.

3.9. Análisis estadístico

Se aplicó el promedio y desviación estándar, para esta indagación se usó la prueba de análisis de la varianza (ANOVA, *Analysis of Variance*, de acuerdo a terminología inglesa) a fin de determinar la existencia de diferencia significativa en los tratamientos.

3.10. Evaluación de retención de zinc por los tratamientos

La retención de zinc por los diferentes tratamientos está dada por la diferencia entre la concentración de zinc en el afluente a los tratamientos y el efluente de los tratamientos de acuerdo a la siguiente.

$$Retención [Zn] = [Zn] A - [Zn] E$$

Dónde:

$[Zn] A$ = Concentración de zinc en el afluente.

$[Zn] E$ = Concentración de zinc en el efluente.

3.11. Eficacia de retención de zinc por los tratamientos

Definido como la capacidad de alcanzar el efecto que se espera o se desea tras la realización de una acción, la eficacia de retención de zinc está dada por la retención del tratamiento entre la concentración inicial multiplicado por el porcentaje.

$$Eficacia (Retención [Zn])\% = \frac{Retención [Zn]}{[Zn] A} * 100$$

Dónde:

Retención [Zn] = Retención de la concentración de zinc.

[Zn]A = Concentración de zinc en el afluente

3.12. Extracción de zinc por especie vegetal

Se define como absorción o succión directa de los elementos contaminados y su acumulación en el tejido de la planta (extracción). Determinándose por la diferencia entre la retención de zinc por los tratamientos con especies vegetales más sustrato y la retención del tratamiento con solo sustrato (control), de acuerdo a:

$$Fitoextracción [Zn] = [Retención Ti] - [Retención Tc]$$

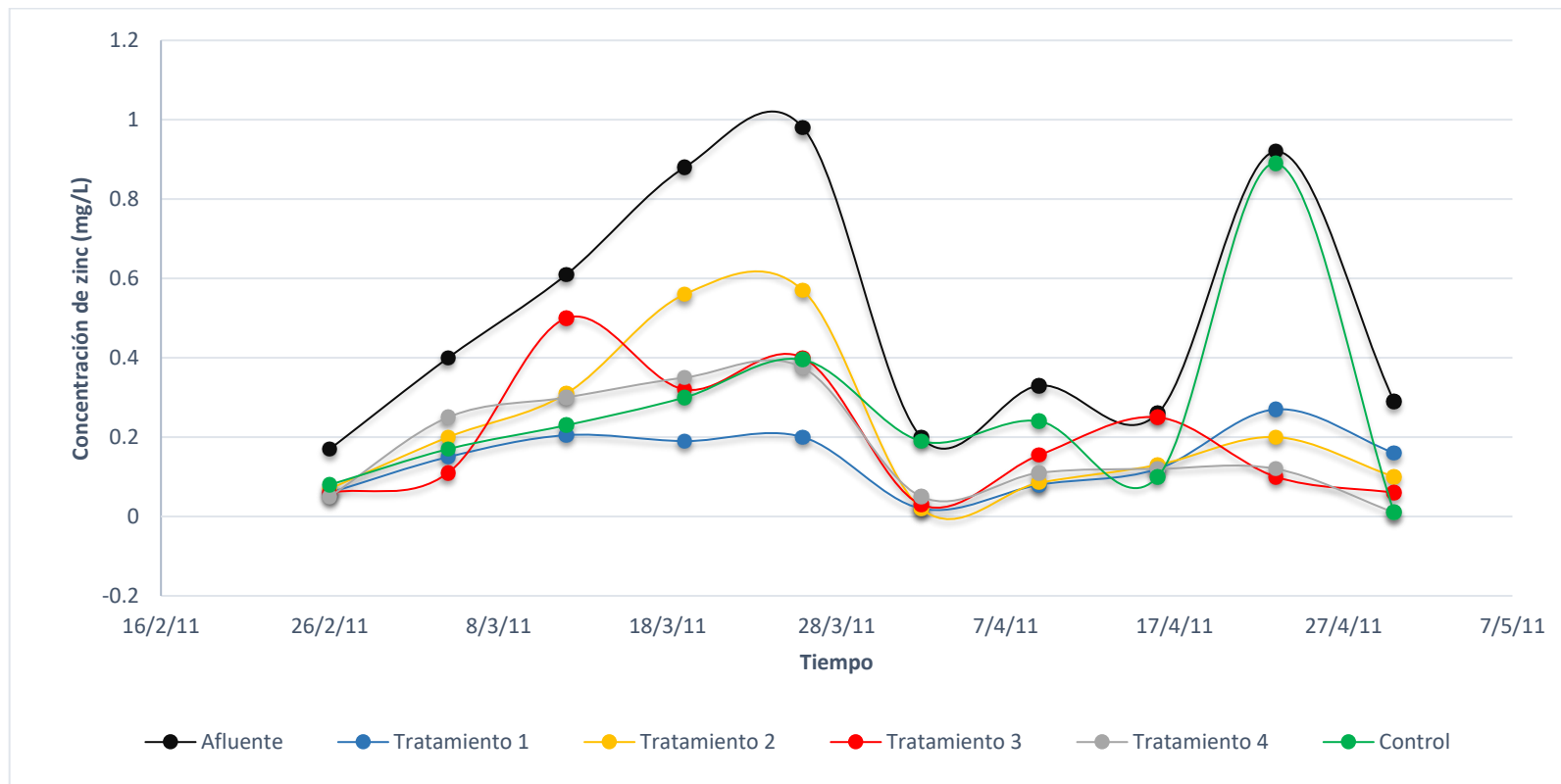
Dónde:

Fitoextracción [Zn] = Extracción de zinc por especie vegetal.

Retención Ti = Retención de los tratamientos (especie vegetal + sustrato).

Retención Tc = Retención del tratamiento control (Solo con sustrato).

IV. RESULTADOS



* Tratamiento 1, con *Calamagrostis chrysantha* (Presl) Stendel + sustrato

** Tratamiento 2, con *Distichia muscoides* Nees & Meyer + sustrato

*** Tratamiento 3, con *Typha domingensis* + sustrato

**** Tratamiento 4, con *Calamagrostis chrysantha* (Presl) Stendel, *Distichia muscoides* Nees & Meyer y *Typha domingensis* + sustrato

***** Control, sólo con sustrato.

Figura 2. Tendencia de la concentración de zinc del afluente y posterior a los tratamientos con *Calamagrostis chrysantha* “sora”, *Distichia muscoides* “champa” y *Typha domingensis* “tatora”.

Tabla 2. Valores de promedio y desviación típica de parámetros fisicoquímicos de las muestras de afluente y los tratamientos con *Calamagrostis chrysantha* “sora”, *Distichia muscoides* “champa” y *Typha dominguensis* “Totora”.

Características fisicoquímicas	N	Tratamiento											
		Afluente a los tratamientos		Tratamiento 1*		Tratamiento 2**		Tratamiento 3***		Tratamiento 4****		Control*****	
		Media	DS.	Media	DS.	Media	DS.	Media	DS.	Media	DS.	Media	DS.
Zn (mg/L)	10	0,504	0,317	0,146	0,076	0,225	0,197	0,199	0,162	0,174	0,134	0,261	0,248
pH	10	4,65	1,66	5,84	0,75	6,56	0,38	6,50	0,60	6,16	0,68	6,06	0,66
Temperatura (C°)	10	13,98	3,56	15,26	3,12	15,12	2,75	15,02	2,46	15,10	2,46	15,08	2,35
Conductividad (µs/cm)	10	1233,70	170,24	1134,30	189,92	1119,20	296,32	963,20	434,37	1121,40	180,79	1052,65	321,64
OD (mg/L)	10	4,412	0,356	4,255	0,584	3,955	0,568	4,265	0,762	4,250	0,738	3,819	0,574
TDS (mg/L)	10	605,00	87,69	514,76	187,77	548,70	148,64	471,72	215,01	549,90	91,12	515,70	159,42

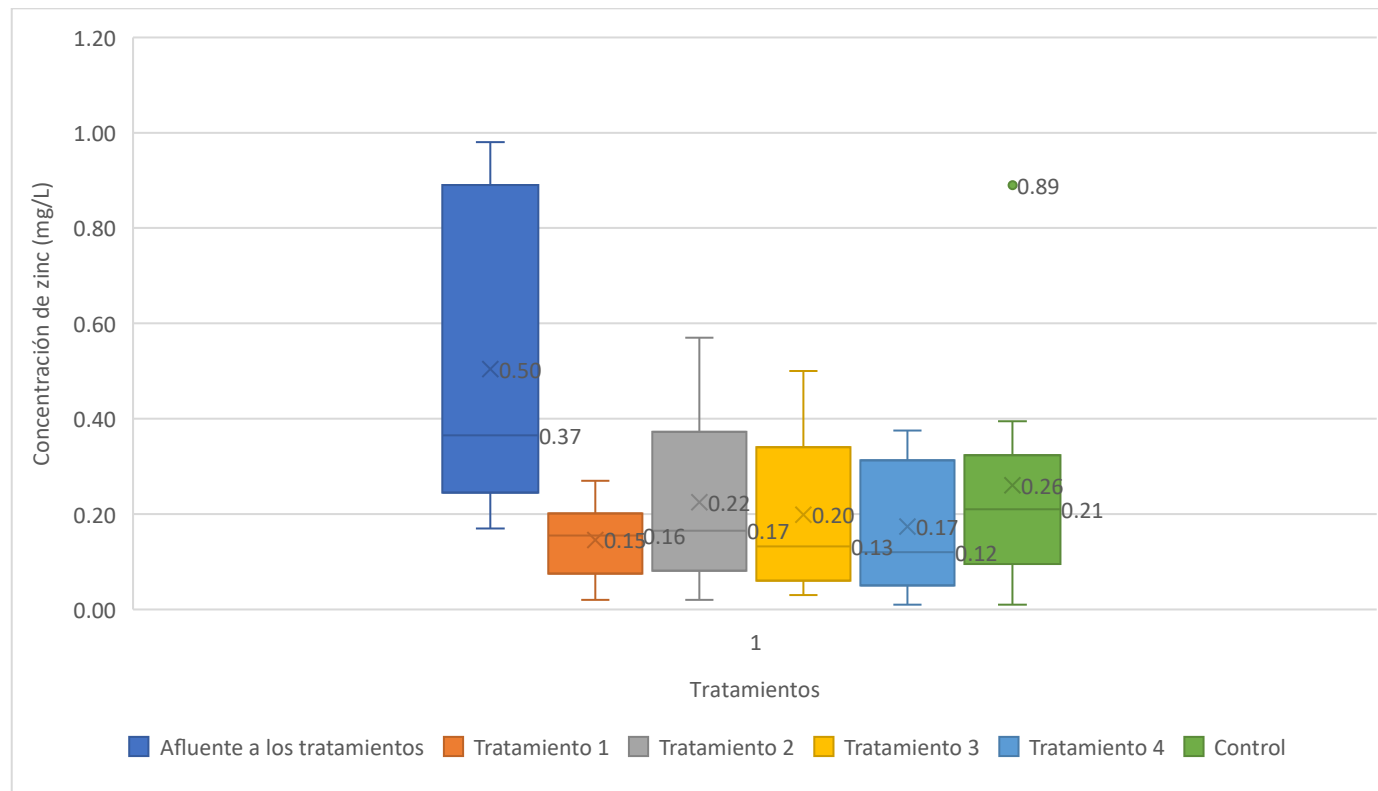
* Tratamiento 1, con *Calamagrostis chrysantha* (Presl) Stendel + sustrato

** Tratamiento 2, con *Distichia muscoides* Nees & Meyer + sustrato

*** Tratamiento 3, con *Typha dominguensis* + sustrato

**** Tratamiento 4, con *Calamagrostis chrysantha* (Presl) Stendel, *Distichia muscoides* Nees & Meyer y *Typha dominguensis* + sustrato

***** Control, sólo con sustrato.



* Tratamiento 1, con *Calamagrostis chrysantha* (Presl) Stendel + sustrato

** Tratamiento 2, con *Distichia muscoides* Nees & Meyer + sustrato

*** Tratamiento 3, con *Typha domingensis* + sustrato

**** Tratamiento 4, con *Calamagrostis chrysantha* (Presl) Stendel, *Distichia muscoides* Nees & Meyer y *Typha domingensis* + sustrato

***** Control, sólo con sustrato.

Figura 3. Concentración de zinc de las aguas del afluente y tratamientos con *Calamagrostis chrysantha* “sora”, *Distichia muscoides* “champa” y *Typha domingensis* “Totora” de las aguas del efluente de la mina Pampamachay de (SGCCMSA).. – Huancavelica.

Tabla 3. Eficacia y retención de zinc en los tratamientos con *Calamagrostis chrysantha* “sora”, *Distichia muscoides* “champa” y *Typha dominguensis* “*tatora*” de las aguas del efluente de la mina Pampamachay de (SGCCMSA). – Huancavelica.

	Tratamiento						
	N	Afluente	Tratamiento 1*	Tratamiento 2**	Tratamiento 3***	Tratamiento 4****	Tratamiento 5*****
Media de Zn (mg/L)	10	0.504	0.146	0.225	0.199	0.174	0.261
Retención de Zn (mg/L)			0.358	0.279	0.305	0.33	0.243
Eficacia %			71.03	55.36	60.52	65.48	48.21

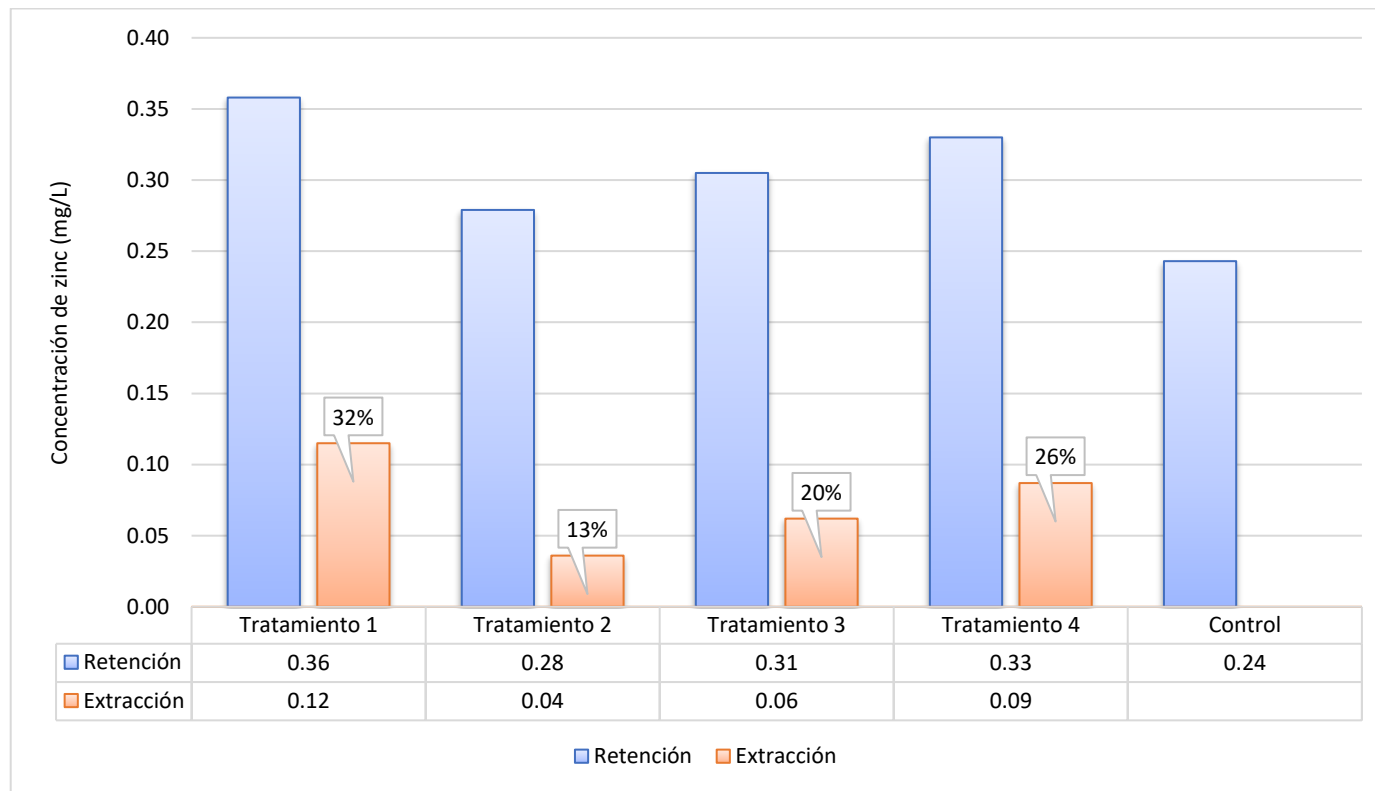
* Tratamiento 1, con *Calamagrostis chrysantha* (Presl) Stendel + sustrato

** Tratamiento 2, con *Distichia muscoides* Nees & Meyer + sustrato

*** Tratamiento 3, con *Typha dominguensis* + sustrato

**** Tratamiento 4, con *Calamagrostis chrysantha* (Presl) Stendel, *Distichia muscoides* Nees & Meyer y *Typha dominguensis* + sustrato

***** Control, sólo con sustrato.



* Tratamiento 1, con *Calamagrostis chrysantha* (Presl) Stendel + sustrato

** Tratamiento 2, con *Distichia muscoides* Nees & Meyer + sustrato

*** Tratamiento 3, con *Typha dominguensis* + sustrato

**** Tratamiento 4, con *Calamagrostis chrysantha* (Presl) Stendel, *Distichia muscoides* Nees & Meyer y *Typha dominguensis* + sustrato

***** Control, sólo con sustrato.

Figura 4. Extracción de zinc durante el tratamiento con *Calamagrostis chrysantha* “sora”, *Distichia muscoides* “champa” y *Typha dominguensis* “Totora” de las aguas del efluente de la mina Pampamachay de (SGCCMSA). – Huancavelica.

Tabla 4. Concentración de zinc en *Calamagrostis chrysanth* “sora”, *Distichia muscoides* “champa” y *Typha dominguensis* “Totora” antes y después de la experimentación del tratamiento de las aguas del efluente de la mina Pampamachay de (SGCCMSA). - Huancavelica.

		Tratamiento									
Fitoabsorción de zinc por la cobertura vegetal	Semanas	Tratamiento 1 <i>Calamagrostis chrysanth</i>		Tratamiento 2 <i>Distichia muscoides</i>		Tratamiento 3 <i>Typha dominguensis</i>		Tratamiento 4 <i>Calamagrostis chrysanth</i> (Presl) Stendel, <i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyer y <i>Typha dominguensis</i>		Control sólo con sustrato.	
		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Zn (mg/Kg)	10	132,6	3697,0	117,0	1945,0	336,5	1391,0	---	---	652,30	904,00
Valor porcentual		0,013 %	0,369%	0,018%	0,195%	0,034%	0,139%			0,065%	0,090%
zinc acumulado (mg/Kg)		3564,4		1828,0		1054,5		---		251,7	
Valor porcentual		0,356%		0,183%		0,105%				0,025%	

V. DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos con los tratamientos con *Calamagrostis chrysantha* “sora”, *Distichia muscoides* “champa” y *Typha dominguensis* “Totorá” a partir del efluente de la mina Pampamachay de la SGCCMSA-Huancavelica evidencio que existe capacidad extractora de zinc, los productos finales mencionados mantienen relación con las indagaciones de Jara-Peña (2017) y Huaranga (2019) quienes señalan que se presenta acumulación de metales pesados entre ellos el zinc en los tejidos vegetales expuestos a los contaminantes indicados, encontrándose en mayor concentración en la raíces para el género *Calamagrostis*. Así mismo Arán (2016) y Benigno (2018) concluyen que la acumulación de zinc muestra una apretada asociación con el tiempo y concentración, puesto que durante el desarrollo experimental se tuvo una exposición de 10 semanas, lapso de tiempo muy corto para el desarrollo completo de especies vegetales altoandinas que presentan un crecimiento lento en condiciones normales, en tal sentido también se debe señalar las precipitaciones fluviales presentadas en la temporada de diciembre a marzo señalados en el anexo 3 que influye en la concentración de zinc en el efluente de la mina Pampamachay.

La concentración de zinc en el efluente de la mina Pampamachay (media 0,504 mg/L, ver tabla N° 03) no superó los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes minero metalúrgicos según el “Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM” (zinc no mayor a 1,5 mg/L) durante el desarrollo experimental, sin embargo durante los meses de estiaje se puede alcanzar o superar los LMP, así mismo hay que tomar en cuenta que estos efluentes son vertidos a la molécula receptor el mismo que pertenece a la categoría 4 según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) (1,12 mg/L para el caso del zinc), por lo que podría influenciar sobre los valores de zinc en el cuerpo receptor, en tal sentido el uso de extracción para depurar aguas ligeramente contaminadas siendo el

tratamiento pasivo una buena alternativa en concordancia con lo sostenido por López (2022) y Aduvire (2006).

Se logró determinar el efecto de los 5 tratamientos sobre los parámetros físico-químicos de las aguas provenientes de la mina Pampamachay, las mismas que se resumen en la tabla N° 02, donde se evidencia que los parámetros de concentración de zinc, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos y conductividad posteriores a los tratamientos disminuyen sus valores, no obstante los valores de pH y temperatura se incrementaron en comparación con el efluente de la mina Pampamachay, por lo que se observó la depuración de la misma, concordando con lo señalado por Beltrá (2017) y Aduvire (2006).

La técnica de Levene es referida para la examinación detallada sobre los grados de igualdad de las varianzas dirigidas a un constructo calculado en 2 o más conjuntos, donde el estadístico de Levene alcanza un valor de 1,519, siendo mayor de significancia de 0.05, mostrando la probabilidad que las diferencias resultadas en las variaciones de las muestras aleatorias de los tratamientos y el afluente, indicando la homogeneidad de los resultados obtenidos durante el muestreo, la misma es posible de apreciar en la figura N° 03, donde la distribución de los datos de la concentración de zinc de las aguas de la mina Pampamachay siguen una disposición homogénea de igual forma que se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk en donde se obtuvieron los diferentes grados de significancia superior a 0.005 para los diferentes tratamientos lo que indica que la distribución de los datos es normal, pudiéndose realizar el estadístico con una prueba paramétrica como es el ANOVA con HSD (Honestly-significant-difference) Test de comparación múltiple de Tukey.

La retención de zinc por los diferentes tratamientos durante la exposición a aguas provenientes de la bocamina Pampamachay, se determinó mediante la diferencia entre la concentración inicial de zinc en las aguas de la mencionada bocamina (afluente a los tratamientos) y la concentración final de zinc en las aguas de salida posterior a los tratamientos (afluente), la misma que se resume en la tabla N° 03, alcanzando una retención de zinc en los distintos tratamientos, siendo el caso del tratamiento 1 (*Calamagrostis chrysantha*) el que obtuvo el mayor valor de 71.03%, seguido por el tratamiento 4 (*Calamagrostis chrysantha*, *Distichia muscoides* y *Typha dominguensis*) con un valor de 65.48%, continuo se encuentra el tratamiento 3 (*Typha dominguensis*) con un valor de 60.52%, enseguida el tratamiento 2 (*Distichia muscoides*) con un valor de 55.36% y por último el tratamiento control con un valor de 48.21%.

La eficacia está definida como la capacidad de alcanzar el efecto que se espera o se desea tras la realización de una acción por lo que en la tabla N° 03, se resume la eficacia de la retención de zinc por los tratamientos con *Calamagrostis chrysantha* “sora”, *Distichia muscoides* “champa” y *Typha dominguensis* “Totorá”. Siendo el tratamiento con *Calamagrostis* el que presenta el mayor valor de eficacia con un 71,03 %, seguido por el tratamiento 4 (posiblemente porque este tratamiento está constituido por las tres especies vegetales estudiadas) con una eficacia 65,48%, tercero el tratamiento 3 con una eficacia de 60,52%, cuarto el tratamiento 2 con una eficacia de 55,36% y por último el control (debido a que solo cuenta con sustrato) con un valor de 48,21 %. Indicándonos que son más eficaces los tratamientos 1 y 4 para la depuración de las aguas provenientes de la mina Pampamachay pudiendo ser usadas a escala industrial (real en campo).

La extracción consiste en la concentración de zinc que es secuestrado por la materia vegetal, siendo determinado por la diferencia entre la retención de la concentración de zinc por los tratamientos (material vegetal más sustrato) y la retención de zinc por el control (tratamiento solo con sustrato), como se muestra en la figura 04, los tratamientos del 1 al 4 muestran el mayor efecto de extracción de zinc en comparación con el control que por la ausencia de material vegetal solo expresa la retención de zinc por el sustrato.

En la tabla 04. Se muestran los datos de concentración de zinc en *Calamagrostis chrysantha* “sora”, *Distichia muscoides* “champa”, *Typha dominguensis* “Totorá” y sustrato antes y después de la exposición a las aguas del efluente de la mina Pampamachay durante un periodo de tiempo de 10 semanas que duró la experimentación. En la misma se aprecia que para las tres especies vegetales antes de la exposición a aguas de la mina pampamachay, tienen concentraciones en materia seca de zinc de 117,00 mg/Kg, 132,6 mg/Kg y 336,5 mg/Kg para la “champa”, “sora” y “totorá” respectivamente. Posterior a la exposición con las aguas de la mina Pampamachay las especies vegetales presentaron valores de zinc en su biomasa de 1391,0 mg/Kg, 1945,0 mg/Kg y 3697,0 mg/kg para “totorá”, “champa” y “sora” respectivamente. Siendo *Calamagrostis chrysantha* “sora” la especie que tuvo mayor fitoabsorción de zinc, valor que triplica el valor de 160.15 mg/Kg de *C. rigida* de acuerdo a Jara-Peña (2017) en su investigación sobre acumulación de metales pesados en humedales altoandinos. Para el caso del tratamiento control (solo con sustrato) se determinó que antes de la exposición con las aguas de la mina Pampamachay presenta una concentración de zinc de

652,30 mg/Kg y posterior a la exposición a las aguas de la mina Pampamachay se elevó a 904,0 mg/Kg indicativo de que las aguas de la mina Pampamachay pueden producir contaminación con metales como el zinc por acumulación en el sustrato.

VI. CONCLUSIONES

1. *Calamagrostis chrysantha* “sora” mostro la mayor capacidad extractora de zinc con un valor de 0,115 mg/L (32%) comparado con *Distichia muscoides* “champa” 0.036 mg/L (13%) y *Typha dominguensis* “totora” 0.062 mg/L (20%) a partir de las aguas de la mina Pampamachay durante un periodo un periodo de 10 semanas en condiciones ambientales *in sito*, el ANOVA no encontró diferencia significativa entre los tratamientos en cuanto a la extracción de zinc (valor de significancia 0.003 que se encuentra por debajo del nivel de alfa de 0.05), sin embargo, al realizar la prueba HSD de Tukey, se observó que los tratamientos control y afluente mostraron valores significativos superiores a 0.05, señalando la existencia de una diferenciación significativa en el afluente y control en comparación con los diferentes tratamientos evaluados para la extracción de zinc.
2. La capacidad retención de zinc por el tratamiento con *Distichia muscoides* “champa” más el sustrato alcanzó un valor de 0,279 mg/L con una eficacia de (55.36%) a partir de aguas provenientes de la bocamina Pampamachay, durante 10 semanas de exposición en una poza con un volumen útil de 3,3 m³ expuesto a las condiciones ambientales.
3. La capacidad retención de zinc por el tratamiento con *Typha dominguensis* “totora” más el sustrato alcanzó valor de 0,305 mg/L con una eficacia de (60.52%) a partir de aguas provenientes de la bocamina Pampamachay, durante 10 semanas de exposición en una poza con un volumen útil de 3,3 m³ expuesto a las condiciones ambientales.
4. La capacidad retención de zinc por el tratamiento con *Calamagrostis chrysantha* “sora”, *Distichia muscoides* “champa” y *Typha dominguensis* “totora” más el sustrato alcanzó un valor de 0,330 mg/L con una eficacia de (65.48%) a partir de aguas provenientes de la bocamina Pampamachay,

durante 10 semanas de exposición en una poza con un volumen útil de 3,3 m³ expuesto a las condiciones ambientales.

5. La capacidad retención de zinc por el control alcanzó un valor de 0,243 mg/L con una eficacia de (48.21%) a partir de aguas provenientes de la bocamina Pampamachay, durante 10 semanas de exposición en una poza con un volumen útil de 3,3 m³ expuesto a las condiciones ambientales.

VII. RECOMENDACIONES

1. Momentos previos de la fitorremediación de efluentes de mina es de importancia mantener información sobre las individualidades físicas y químicas del mismo, de la misma forma sobre la génesis del elemento contaminado a fin de facilitar la posibilidad de seleccionar especies adaptables a las condiciones del ambiente y el sustrato a utilizar.
2. Los factores meteorológicos, geográficos y atmosféricos son muy importantes en ensayos expuestos a las condiciones del ambiente como los tiene la mina Pampamachay, en donde se presentan fenómenos como: nevadas y lluvias que incrementan el nivel del agua diluyendo la concentración de los solutos, del mismo modo el descenso de la temperatura ambiental puede la congelación del espejo de agua.
3. En la selección del material vegetal son muy importantes las características que posean las diferentes especies, las mismas que consigan conceptualizar el logro o fracaso de los ensayos, debido a que características como: tolerancia a las heladas determina la supervivencia de las plantas, en su proceso de adaptación.
4. Considerar el tiempo que las especies vegetales a estudiar toman para cumplir con su ciclo biológico, puesto esto ayudará en la toma de decisiones como son; el tiempo que se tomó para adaptarse y poder desarrollarse normalmente.
5. Considerar un mayor tiempo para la toma de datos y así poder cubrir todo el ciclo vital de las especies en especial de especies perennes como es el caso de presente estudio y determinar en qué estepas posee mayor eficacia para optimizar procesos.
6. Realizar estudios fisiológicos de las especies vegetales para determinar los mecanismos por el cual son absorbido los contaminantes por las plantas,

estudios en genética para determinar cuáles son los genes que determinan la tolerancia a altas concentraciones de zinc y los factores que se implican en el proceso de absorción.

7. Ejecutar indagaciones dirigidas en las relaciones complejas, que participen vegetales, la superficie y elementos contaminados, puesto que son variados y nada claros.
8. Se sugiere a los discentes de la carrera de biología incluido personal interesado continuar con las indagaciones respecto al diagnóstico y extender las exploraciones científicas en cuanto al líquido elemento de la vida, de esta forma presentar mayor conocimiento que favorezcan la intervención de los gobiernos locales y autoridades, todo ello a fin de lograr mejorías en las comunidades campesinas y poblaciones.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aduvire O. 2006. "Drenaje Acido de Mina Generación y Tratamiento", Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- APHA, AWWA, WPCF 1992. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 17^{va} edición. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid – España.
- Arán (2016) Fitoextracción de Pb, Cr, Ni, y Zn por la planta acuática *Limnobiium laevigatum* y su potencial uso en el tratamiento de aguas residuales, IFRH 2016 Tercer Encuentro de Investigadores en Formación de Recursos Hídricos, Buenos Aires. https://www.ina.gov.ar/ifrh-2016/trabajos/IFRH_2016_paper_7.pdf
- Atlas, R. 1995 Biorremediación. "Química y Energías Nuevas" Abril 3: 32-42.
- Ayala C. F. y Vadillo F. L. 2004, Manual de Restauración de Terrenos y Evaluación de Impactos Ambientales en Minería. Edit. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Azcón J., Talón M. 2000, Fundamentos de Fisiología Vegetal, Edt. McGraw-Hill Interamericana, Barcelona.
- Azcón-Bieto J. y Talón M. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill Interamericana. Universidad de Barcelona.
- Barver, S. y Lonerbush, M. 1984. "Nutrient and Water Flux and Plant Growth". p. 65, Wiley,
- Beltrá (2017) Estudio de la eliminación de metales pesados en un cauce fluvial mediante la técnica de fitoextracción. Universidad Miguel Hernández, Murcia. <http://dspace.umh.es/handle/11000/4291>
- Beltrán M. 2001. Fitoextracción de suelo contaminado con cadmio y zinc usando especies vegetales comestibles. Proyecto de investigación para obtener el grado de Maestra en Ciencias e Ingeniería Ambiental. Universidad Autónoma Metropolitana. México D.F. pág. 84-130.
- Benigno (2018) EVALUACIÓN DE FITOEXTRACCIÓN POR *Chenopodium ambrosioides* y *Trifolium repens* DE ZINC Y PLOMO DEL RELAVE DE LA PLANTA CONCENTRADORA DE MINERALES "SANTA ROSA DE JANGAS", AÑO 2017. Universidad Nacional Santiago Antunes de Mayolo, Ancash. http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2446/T033_74803416_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Brown, S.L., Chaney, R. L., Angle, J.S., Baker, A.J.M., (1995). Zinc and Cadmium Uptake by Hyperaccumulator *Thlaspi caerulences* and Metal Tolerant *Silene vulgaris* Grown on sludge-Amended Soil, Environ. –sci. and Technol. 29(6), 1581-1585.
- Cerrate, E. 1979. Vegetación del Valle de Chiquián (Departamento de Ancash). Edit. Los Pinos, Lima.
- Chen, B., Christie, P., y Li, L. (2001) A modified glass bead compartment cultivation system for studies on nutrient and trace metal uptake by arbuscular mycorrhiza. Chemosphere 42, 185-192.
- Constancia N° 17-USM – 2012, Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, de fecha 04 de febrero de 2012.

- Constancia N° 19-USM – 2012, Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, de fecha 09 de febrero de 2012.
- Cortez C. Diego J. 2015, Características fisicoquímicas y Biológicas de las aguas de las Fuentes de Abastecimiento y de Consumo Humano en el Distrito de Talavera, Andahuaylas – Apurímac 2012. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- Covarrubias, S. A., García Berumen, J. A., & Peña Cabriaes, J. J. (2015). El papel de los microorganismos en la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados. *Acta Universitaria*, 25, 40–45. <https://doi.org/10.15174/au.2015.907>
- Donald, J. Bioquímica, Ed. Médica Panamericana, Pags. 40 – 43, en <http://books.google.com.pe/>
- Ferrer A. A. Absorción y Transporte de Nutrientes Minerales. Universidad Politécnica de Cartagena, 2008) http://www.academia.edu/10800176/Absorci%C3%B3n_y_transporte_de_nutrientes.
- Gordine, A., Chávez, J., Medina, F. 2007
- Guadarrama-Tejas, Rosendo. et al. “La contaminación del agua”, *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2016, 2-5:1-10. https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf
- Hanco, R. E. (2022). Tratamiento de aguas y suelos contaminados con Cd y Pb utilizando microorganismos y enmiendas para mejorar la fitoextracción, Universidad Cesar Vallejo, Lima.
- Hernando P. R. 2012. Procesos de Bioremediación. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, Bogotá.
- Huaranga (2019) Evaluación de contenidos metálicos en las especies altoandinas *Calamagrostis rigida*, *Trisetum spicatum* y *Senecio rufescens* en el entorno de la laguna de Yanamate, para determinar su potencial fitorremediador - Pasco – 2019, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Ancash. <http://45.177.23.200/handle/undac/2158>
- Jara E., Gómez J., Montoya H., Chanco M., Mariano M. y Cano N. 2014. Capacidad Fitorremediadora de Cinco Especies Altonadinas de Suelos Contaminados con Metales Pesados. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.
- Jara-Peña (2018) Acumulación de metales pesados en *Calamagrostis rigida* (Kunth) Trin. ex Steud. (Poaceae) y *Myriophyllum quitense* Kunth (Haloragaceae) evaluadas en cuatro humedales altoandinos del Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992017000200010&script=sci_arttext
- Jenny, H. y Overstreet, R. 1989., *Soil Sci.*, 47, 257; *J. phys. Chem.*, 43, 1185.
- JRamón del Perú. S.A.C. 2013, Monitoreo hidrobiológico de la laguna Orcococha – 2008 al 2013, Informe de Monitoreo N° MO13010033 Corporación Minera Castrovirreyna S.A. Lima.

- Kessler, B. y Monselise, S. 1959. "Fisiología de las Plantas", 12.
- Khasawneh, F. 1984. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1971, 35, 426; Sparks, S. L., Soil Sci. Soc. Am. J., 48, 514.
- Kumar, P. 1995. "Phytoremediation: The use of Plants to Remove Heavy Metals from Soils". Environmental Science y Technology. p28. 561A – 568A.
- Ley N° 28611. 2005, Ley General de Ambiente, Congreso de la República del Perú, artículos 31.1 y 31.2.
- López (2022) Eficiencia de la fitoextracción de metales pesados de aguas del Río Prieto, Santa Bárbara Almoloya, Puebla (2022). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/a05046ce-1537-4fe6-bf86-41c8bb806b48>
- Mamani A. Mireya M. 2017, Optimización del Circuito de Flotación de la Planta Concentradora San Genaro de la Empresa Minera Castrovirreyna, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa – Perú.
- Marín Roga Ivania y Morales Schwarzenberg María. 2008. Estudio del efecto de *Polypogon Australis* sobre las propiedades fisicoquímicas de un sustrato de relave minero de la planta Santo Domingo, Paposo, II Región de Chile. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Ambiental. Universidad de Santiago de Chile. Pág. 73-98.
- Miglio T. R. 2000, "Humedales Artificiales para el Tratamiento de Aguas Residuales", Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ingeniería Agrícola, Lima.
- Ministerio de Energía y Minas. 2008. Guía Ambiental para el Manejo de Drenaje Acido de Minas, República del Perú, Lima.
- Mivademedecum, Laboratorio Tecnoquimicas, 2014: <http://co.mivademedecum.com/medicamento-zinkids-id-10807>.
- Neobux Andres, Proyecto Humedales Artificiales. Asunción – Uruguay, 2008 <http://proyctohumedalesartificiales.blogspot.pe/2008/12/definicin-de-humedal-natural.html>
- Organización Mundial de la Salud. Guías para la Calidad del Agua Potable. Vol. 1. 3ra edición. Suiza, 2006.
- Padilla S. J. 2009. Characterization Bioinorganica, Fitoremediadora, Histo-Taxonómica, Metabólica, Ecológica y Enzimática de *Cynodon dactylon* en Pasivos Mineros de Ticapampa, Ancash – Peru. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo.
- Pineda H. R. 2004. Presencia de hongos micorrizicos arbusculares y contribución de Glomus intraradice en la absorción y traslocación de zinc cobre en girasol (*Helianthus annuus L.*) crecido en un suelo contaminado por residuos de mina" Universidad de Colima, México. Pág. 58-87.
- Pineda Hernández, R. (2004). Presencia de hongos micorrízicos arbusculares y contribución de Glomus intraradice en la absorción y translocación de cinc y cobre en girasol (*Helianthus annuus L.*) crecido en un suelo contaminado con residuos de mina. Colima: Universidad de Colima.
- Ramírez R. Víctor M. 2014. Química, Segunda edición, Edit. Grupo Editorial Patria, División Bachillerato, Universidad y Profesional, México D.F.

- Roldan, P. & Ramírez, J. 2008. Fundamentos de Limnología neotropical. Academia colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. p 180-197.
- Salt, D. E., Smith R. D., y Raskim, I. (1998). Phytoremediación. Annu Rev. Plants Physiol. Plant Mol. Biol. 49, 643-668.
- Sánchez J. M. y Muñoz M. A. Bacterias Sulfatorreductoras y Corrosión, 2010, <https://core.ac.uk/download/pdf/143448736.pdf>.
- SEGECO, 2009. Servicios Generales de Seguridad y Ecología S.A. –“Informe de Auditoría Ambiental de verificación del cumplimiento del PAMA de la Unidad de Producción San Genaro de Castrovirreyna Compañía Minera S.A. Lima – Perú.
- Sierra Villagrana Rubén (2006) Fitorremediación de un suelo contaminado con plomo por actividades industriales. Buenavista – México, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narra”.
- Sklenár P., Luteyn J., Ulloa C., Jorgensen P., Dillon M. 2005. “Flora Genética de los Páramos – Guía Ilustrada de las Plantas Vasculares”, Edit. The New York Botanical Garden, Vol. 92. USA.
- SVS, 2004. SVS ingenieros S.A. – Absolución al informe N° 145-2004-NEN-DGM-FMI/MA. Noviembre Lima-Perú.
- Tovar O. 1960. Revisión de las Especies Peruanas del Genero Calamagrostis. Museo de Historia Natural Javier Prado. N° 11. Lima.
- Ugolini, I. 2006. “Estudio Bacteriológico de Aguas Recreacionales de Balnearios del Río Lima y en la Ciudad de Neuquén”, Tesis para optar por el título de Licenciada en Saneamiento y Protección Ambiental, Universidad Nacional del Comahue, Neuquen – Argentina.
- Volke S. T., Velasco T. J. y De la Rosa P. D. 2005. Suelos Contaminados con Metales y Metaloides: Muestreo y Alternativas para su Remediación. México D.F.

ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico.



Fotografía 01. Pozas de tratamiento en la mina Pampamachay de Unidad Operativa (SGCCMSA).



Fotografía 02. Delimitación del área para la excavación del terreno y la instalación de las pozas de tratamiento.



Fotografía 03. Tesista realizando la excavación de las pozas a fin de aplicar el tratamiento de aguas de la mina Pampamachay.



Fotografía 04. Pozas excavadas sobre terreno.



Fotografía 05. Impermeabilización de las pozas con geomembrana de HDPE.



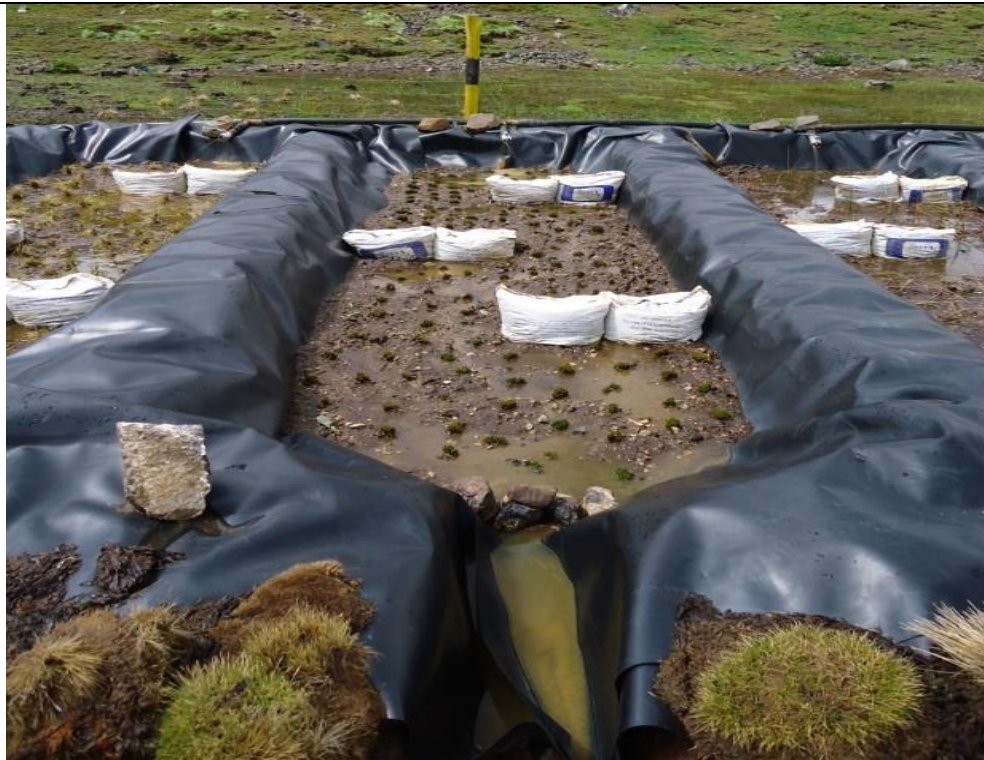
Fotografía 06. Tuberías de abastecimiento de aguas de la bocamina Pampamachay.



Fotografía 07. *Wedland* para el tratamiento de aguas de la bocamina Pampamachay.



Fotografía 08. Tratamiento N° 01 con *Calamagrostis chrysantha* y sustrato.



Fotografía 09. Tratamiento N° 2 con *Distichia muscoides* Nees & Meyer y sustrato.



Fotografía 10. Tratamiento 3 con *Typha dominguensis* y sustrato



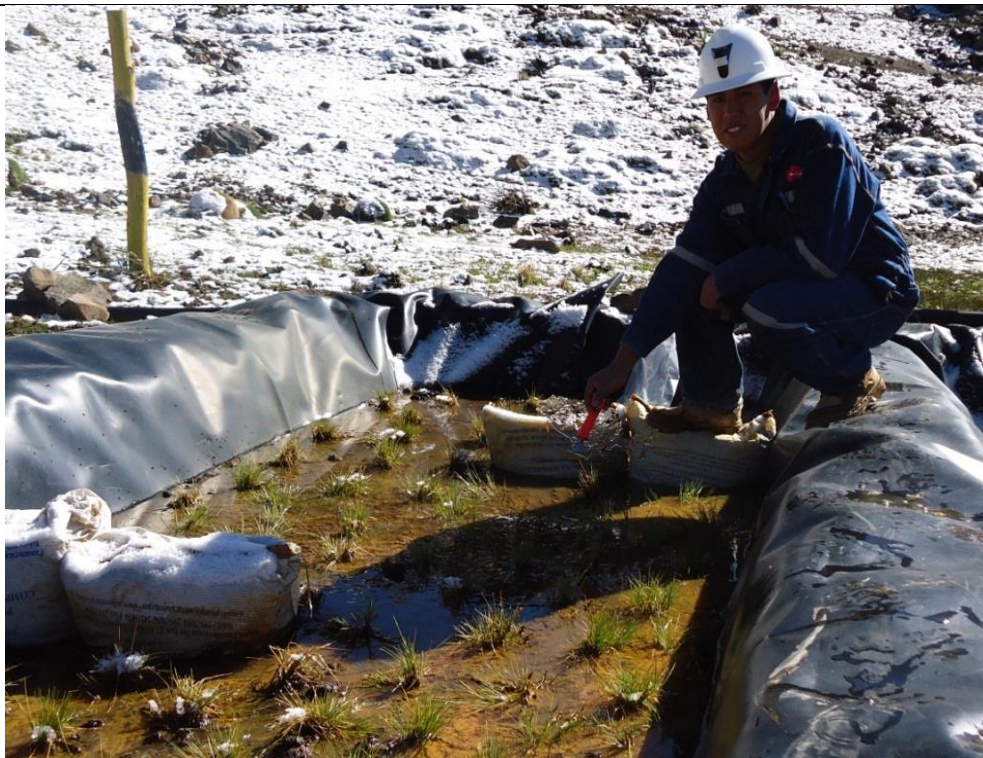
Fotografía 11. Tratamiento 4 con *Calamagrostis chrysantha* (Presl) Stendel, *Distichia muscoides* Nees & Meyer y *Typha dominguensis* y sustrato.



Fotografía 12. Tratamiento 5 solo con sustrato.



Fotografía 13. Estado de los tratamientos tras 10 semanas exposición a las aguas de la mina Pampamachay.



Fotografía 14.- Tesista realizado la recolección de material vegetal de las pozas para el tratamiento de las aguas de la mina Pampamachay.



Fotografía 15. Material vegetal de cada uno de los tratamientos expuestos a las aguas de la bocamina Pampamachay



Fotografía 16. Tesista realizando la determinación de la concentración de zinc del efluente de cada uno de los tratamientos por el método del ZINCON.

Anexo 2. Valores de concentración de zinc, ANOVA y prueba de homogeneidad.

Tabla 5. Valores de la concentración de zinc de las aguas del efluente de la mina Pampamachay y tratamientos con *Calamagrostis chrysantha* “sora”, *Distichia muscoides* “champa” y *Typha dominguensis* “Totora”.

	26/2/11	5/3/11	12/3/11	19/3/11	26/3/11	2/4/11	9/4/11	16/4/11	23/4/11	30/4/11
Afluente (mg/L)	0.17	0.4	0.61	0.88	0.98	0.2	0.33	0.26	0.92	0.29
Tratamiento 1 (mg/L)	0.06	0.15	0.205	0.19	0.2	0.02	0.08	0.12	0.27	0.16
Tratamiento 2 (mg/L)	0.07	0.2	0.31	0.56	0.57	0.02	0.085	0.13	0.2	0.1
Tratamiento 3 (mg/L)	0.06	0.11	0.5	0.32	0.4	0.03	0.155	0.25	0.1	0.06
Tratamiento 4 (mg/L)	0.05	0.25	0.3	0.35	0.375	0.05	0.11	0.12	0.12	0.01
Control (mg/L)	0.08	0.17	0.23	0.3	0.395	0.19	0.24	0.1	0.89	0.01

* Tratamiento 1, con *Calamagrostis chrysantha* (Presl) Stendel + sustrato

** Tratamiento 2, con *Distichia muscoides* Nees & Meyer + sustrato

*** Tratamiento 3, con *Typha dominguensis* + sustrato

**** Tratamiento 4, con *Calamagrostis chrysantha* (Presl) Stendel, *Distichia muscoides* Nees & Meyer y *Typha dominguensis* + sustrato

***** Control, sólo con sustrato.

Tabla 6. Análisis estadístico por la prueba ANOVA para la concentración de zinc de las aguas del efluente de la mina Pampamachay de Unidad de Producción (SGCCMSA). – Huancavelica, durante el tratamiento con *Calamagrostis chrysantha* “sora”, *Distichia muscoides* “champa” y *Typha dominguensis* “Totora”.

ANOVA					
Zn					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,863	5	,173	4,086	,003
Intra-grupos	2,282	54	,042		
Total	3,145	59			

Zn				
Tratamiento		N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
HSD de <u>Tukey</u> ^a	Tratamiento 1	10	,1455	
	Tratamiento 4	10	,1735	
	Tratamiento 3	10	,1846	
	Tratamiento 2	10	,2245	
	Control	10	,2605	,2605
	Afluente	10		,5040
	Sig.		,810	,103

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 10.000.

Aceptación de la hipótesis alterna, en la cual indica la existencia de diferencia significativa entre los tratamientos en relación a afluente, sin embargo, entre los tratamientos no existe diferencia significativa.

Tabla 7. Prueba de homogeneidad de varianza para la concentración de zinc de las aguas del efluente de la mina Pampamachay de Unidad de Producción SGCCMSA– Huancavelica, durante el tratamiento con *Calamagrostis chrysantha* “sora”, *Distichia muscoides* “champa” y *Typha dominguensis* “totora”.

Prueba de homogeneidad de varianzas	
Después	
Estadístico de levene	1,519
gl1	4
gl2	45
Sig.	0,213

Tabla 8. Prueba de normalidad para la concentración de zinc de las aguas del efluente de la mina Pampamachay de Unidad de Producción SGCCMSA – Huancavelica, durante el tratamiento con *Calamagrostis chrysantha* “sora”, *Distichia muscoides* “champa” y *Typha domingensis* “totora”.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Muestreo	,096	10	,200*	,970	10	,892
T0	,229	10	,148	,851	10	,060
T1	,124	10	,200*	,977	10	,945
T2	,249	10	,078	,833	10	,037
T3	,268	10	,040	,867	10	,093
T4	,256	10	,063	,894	10	,187
TControl	,237	10	,119	,794	10	,012

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Significancia mayor a 0.05 por lo que los datos son normales, por lo que los datos serán evaluados por una prueba estadística paramétrica.

Anexo 3. Datos meteorológicos de la U.P. San Genaro – 2011.

Resumen anual de precipitación (mm)

Nombre: San Genaro, Ciudad: Huancavelica, País: Perú

Altitud: 4750 msnm, Lat.: 13° 12'00'' N Long: 75° 06'00'' W

Año	Mes	Total	Max Obs Dia	Fecha	Días de lluvia mayor a:		
					0.2	2	20
2011	1	197.1	19.3	14	30	23	0
2011	2	219.7	21.8	23	26	24	1
2011	3	152.4	14.7	28	26	21	0
2011	4	73.7	14.7	7	26	12	0
2011	5	9.9	4.3	11	8	1	0
2011	6	0	0	1	0	0	0
2011	7	3.6	2	3	4	1	0
2011	8	4.3	2.3	31	3	1	0
2011	9	22.4	7.6	14	12	3	0
2011	10	26.2	6.9	10	10	5	0
2011	11	47.5	10.9	18	20	7	0
2011	12	152.9	22.6	31	29	21	1
Total		909.7	22.6	DEC.	194	119	2

Resumen anual de temperatura

Nombre: San Genaro, Ciudad: Huancavelica, País: Perú

Altitud: 4750 msnm, Lat.: 13° 12'00'' N Long: 75° 06'00'' W

Temperatura (°C), Calor base de 18.3, frio base de 18.3

Año	Mes	Medida Máxima	Medida Mínima	Medida	Dep. de la norma	Días de calor Grados	Días de frio	Alto	Fecha	Bajo	Fecha	MAX. Mayor igual a 32	MAX menor igual a 0	MIN mayor igual a 0	MIN menor igual a -18
2011	1	7.8	-0.1	2.5	0	473	0	12.1	18	-3.6	1	0	0	15	0
2011	2	7.2	-0.2	2	0	445	0	9.8	1	-1.5	16	0	0	16	0
2011	3	7.3	-0.4	2.2	0	458	0	10.6	23	-3.4	10	0	0	15	0
2011	4	8	0.1	3	0	443	0	10.4	17	-1.6	7	0	0	15	0
2011	5	8.1	-0.6	2.8	0	463	0	10	11	-2.9	14	0	0	21	0
2011	6	8.1	-1.9	2.2	0	463	0	12.4	27	-4.2	30	0	1	30	0
2011	7	7.6	-2.2	1.8	0	489	0	10.1	11	-3.9	2	0	1	31	0
2011	8	9.1	-1.7	2.8	0	469	0	11.4	3	-3.8	16	0	0	30	0
2011	9	8.4	-1.2	2.7	0	431	0	10.8	24	-3.1	14	0	0	24	0
2011	10	9.3	-0.9	3.1	0	451	0	13.3	15	-2.6	4	0	0	26	0
2011	11	10.2	0.3	3.9	0	414	0	13.6	6	-2.3	21	0	0	8	0
2011	12	7.8	-0.5	2.4	0	476	0	12.4	4	-2.3	15	0	0	24	0
Media		8.2	-0.8	2.6	0	5476	0	13.6					2	255	0

Resumen anual de velocidad del viento (m/s)

Nombre: San Genaro, Ciudad: Huancavelica, País: Perú

Altitud: 4750 msnm, Lat.: 13° 12'00'' N Long: 75° 06'00'' W

Año	Mes	AVG.	Alto	Fecha	Dirección
2011	1	1	14.3	17	WNW
2011	2	0.7	9.8	27	WNW
2011	3	0.9	12.5	18	WNW
2011	4	1.1	14.3	16	WNW
2011	5	2	17.4	31	ESE
2011	6	1.3	15.6	30	WNW
2011	7	1.4	17.4	7	ESE
2011	8	1.5	14.8	31	ESE
2011	9	1.2	16.1	1	WNW
2011	10	1.3	16.1	24	WNW
2011	11	1.3	17.4	16	WNW
2011	12	0.9	15.2	2	WNW
Media		1.2	17.4	MAY.	WNW

Anexo 4. Certificados de identificación de especies vegetales.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

MUSEO DE HISTORIA NATURAL



CONSTANCIA N° 017 - USM - 2012

LA JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (completa) recibida de **RICHARD SANTIAGO URBANO**, estudiante de la Universidad Nacional San Cristobal de Huamanga, ha sido estudiada y clasificada como: : ***Distichia muscoides*** Nees & Meyen, y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988):

DIVISION: MAGNOLIOPHYTA

CLASE: LILIATAE

ORDEN: JUNCALES

FAMILIA: JUNCACEAE

GENERO: *Polygonon*

ESPECIE: *Distichia muscoides* Nees & Meyen.

Nombre vulgar proporcionado por el interesado: "Champa"
Determinada por: Blgo. Mario Benavente Palacios

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para fines de estudios.

Lima, 04 de Febrero de 2012



Haydeé Montoya Terreros
Dra. Haydeé Montoya Terreros
Jefa del Herbario San Marcos (USM)

DDB

Av. Arenales 1256, Jesús María
Apdo. 14-0434, Lima 14, Perú

Tel/s.: (511) 471-0117, 470-4471,
470-7918, 619-7000 anexo 5703
Fax: (511) 265-6819

e-mail: museohn@unmsm.edu.pe
http://museohn.unmsm.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

MUSEO DE HISTORIA NATURAL



CONSTANCIA Nº 19- USM - 2012

LA JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS, DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (hojas, inflorescencia) recibida de **Richard SANTIAGO URBANO**, ha sido estudiada y clasificada como: ***Calamagrostis chrysantha*** (Presl) Stendel, y tiene la siguiente posición taxonómica según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988):

DIVISION: MAGNOLIOPHYTA

CLASE: MAGNOLIOPSIDA

ORDEN: POALES

FAMILIA: POACEAE

GENERO: ***Calamagrostis***

ESPECIE: ***Calamagrostis chrysantha*** (Presl) Stendel

Nombre vulgar: "Sora", nombre proporcionado por las interesadas.
Determinada por: Mg. María I. La Torre Acuy.

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para fines de estudio.

Lima, 09 de febrero de 2012.



Haydee Montoya Terreros
DRA. HAYDEE MONTÓYA TERREROS
JEFE JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS
USM

Av. Arenales 1256, Jesús María
Apdo. 14-0434, Lima 14, Perú

Telfs.: (511) 471-0117, 470-4471,
470-7918, 619-7000 anexo 5703
Fax: (511) 265-6819

e-mail: museohn@unmsm.edu.pe
<http://museohn.unmsm.edu.pe>

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

MUSEO DE HISTORIA NATURAL

CONSTANCIA N° 018 - USM - 2012

LA JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA

QUE: La muestra vegetal (completa) recibida de **RICHARD SANTIAGO
URBANO**, estudiante de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, ha
sido estudiada y clasificada como: : ***Typha domingensis* PERS.**, y tiene la siguiente
posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988):

DIVISIÓN: MAGNOLIOPHYTA

CLASE: LILIATAE

ORDEN: POALES

FAMILIA: TYPHA SENSU LATO

GENERO: *Typha*

ESPECIE: *Typha domingensis* PERS.

Nombre vulgar proporcionado por el interesado: "Totora"
Determinada por: Blgo. Mario Benavente Palacios

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para fines de
estudios.

Lima, 04 de Febrero de 2012

DDB



Haydee Montoya Terreros
Dra. Haydee Montoya Terreros
Jefa del Herbario San Marcos (USM)

Av. Arenales 1256, Jesús María
Apdo. 14-0434, Lima 14, Perú

Tel/s.: (511) 471-0117, 470-4471,
470-7918, 619-7000 anexo 5703
Fax: (511) 265-6819

e-mail: museohn@unmsm.edu.pe
http://museohn.unmsm.edu.pe

Anexo 5. Reporte de ensayos realizados por el laboratorio.

INFORME DE ENSAYO N° 11102327

Nombre del Cliente : CASTROVIRREYNA COMPAÑIA MINERA S.A.
Domicilio Legal : Cal. Tomas Ramsey N° 912 - Magdalena del Mar
Solicitado Por : Marco Quispe Atauje
Referencia :

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : HUMEDAD PAMPAMACHAY **Fecha de Muestreo** : 04/01/2011
Plan de Muestreo : Realizado por el Cliente **Fecha de Recepción** : 17/01/2011
Cantidad de Muestras : 2 **Fecha Inicio Ensayo** : 17/01/2011
Condición de la Muestra : En buen estado de conservación y preservación

METODOS DE ENSAYO

Parámetros	Normas
Metales ICP	EPA 200.7(1994)

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes.

			Cod. Cliente	1 "sora"	2 "champa"
			Cod. Lab.	1103340	1103341
			Tipo de Producto	Pasto	Pasto
Parámetros			Unidad	Resultados	
Metales ICP	Aluminio	mg/kg	0.9	561.4	443.2
	Antimonio	mg/kg	13	<1	<1
	Arsénico	mg/kg	0.5	1.2	1.9
	Bario	mg/kg	0.06	122.5	143.6
	Berilio	mg/kg	0.02	<0,02	<0,02
	Bismuto	mg/kg	0.8	<0,8	<0,8
	Boro	mg/kg	0.2	67,7	67,7
	Cadmio	mg/kg	0.07	0,33	<0,07
	Calcio	mg/kg	1	1 758	1 846
	Cerio	mg/kg	0.4	1,6	0,9
	Cobalto	mg/kg	0.2	1,0	1,3
	Cobre	mg/kg	0.1	10,9	3,3
	Cromo	mg/kg	0.1	0,2	0,3
	Estaño	mg/kg	0.3	<0,3	<0,3
	Estroncio	mg/kg	0.1	6,8	8,9
	Fósforo	mg/kg	0.7	743,7	615,6
	Hierro	mg/kg	0.2	626,7	1,590
	Litio	mg/kg	0.7	<0,7	<0,7
	Magnesio	mg/kg	0.2	515,2	439,4
	Manganeso	mg/kg	0.1	260,5	885,8
	Molibdeno	mg/kg	0.2	0,8	<0,2
	Niquel	mg/kg	0.2	1,3	0,5
	Plata	mg/kg	0.08	0,34	0,35
	Plomo	mg/kg	0.5	7,3	8,4
	Potasio	mg/kg	2	8 054	4 460
	Selenio	mg/kg	0.6	<0,6	<0,6
	Silicio	mg/kg	1	777.9	205.5
	Sodio	mg/kg	1	557	1 899
	Talio	mg/kg	0.8	<0,8	<0,8
	Titanio	mg/kg	0.2	12,0	4,3
	Vanadio	mg/kg	0.1	0,5	0,7
	Zinc	mg/kg	0.1	132,6	117,0

Leyenda: L.D = Limite de detección ... = No analizado

Tiempo de Perecibilidad de Muestras / Periodo de Custodia de Muestras Dirimentes		
ICP : 90días		

Miraflores, 20 de Febrero del 2011


Milagros Ramirez Arroyo
 Jefe de Operaciones Medio Ambiente
 CQP 689

INFORME DE ENSAYO N° 11106568

CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CASTROVIRREYNA COMPAÑIA MINERA S.A.
Domicilio Legal : Cal. Tomas Ramsey N° 912 - Magdalena del Mar
Solicitado Por : CASTROVIRREYNA COMPAÑIA MINERA S.A.
Referencia : MONITOREO ESPECIAL CALIDAD DE SUELO PAMPAMACHAY - JUNIO 2011

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : U.E.A. SAN GENARO Fecha de Muestreo : 04/01/2011
 Plan de Muestreo : Realizado por J. Ramón del Perú S.A.C.(**) Fecha de Recepción : 17/01/2011
 Cantidad de Muestras : 2 Fecha Inicio Ensayo : 17/01/2011
 Condición de la Muestra : En buen estado de conservación y preservación

METODOS DE ENSAYO

Parámetros	Normas
Metales ICP	EPA 200.7(1994)

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA.

(**) Procedimiento de muestreo de suelos - PMO-03

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes.

		Cod. Cliente		SQP-1 "totora"	SQP-2 conglomerado
		Cod. Lab.		1115178	1115179
		Tipo de Producto		Suelo; suelo	Suelo; suelo
Parámetros		Unidad	L.D.	Resultados	
Metales ICP	Aluminio	mg/kg	0.9	8 394	4 415
	Antimonio	mg/kg	13	17	45
	Arsénico	mg/kg	0.5	22,7	68,3
	Bario	mg/kg	0.06	119,5	56,69
	Berilio	mg/kg	0.02	0,27	0,18
		mg/kg	0.8	<0,8	<0,8
	Boro	mg/kg	0.2	28,5	29,3
	Cadmio	mg/kg	0.07	2,05	5,15
	Calcio	mg/kg	1	2 369	748
	Cerio	mg/kg	0.4	12,2	7,7
	Cobalto	mg/kg	0.2	<0,2	<0,2
	Cobre	mg/kg	0.1	34,7	95,3
	Cromo	mg/kg	0.1	13,0	14,9
	Estaño	mg/kg	0.3	2,0	5,2
	Estroncio	mg/kg	0.1	21,7	6,4
	Fósforo	mg/kg	0.7	822,1	637,5
	Hierro	mg/kg	0.2	30,641	28,158
	Litio	mg/kg	0.7	14,8	2,9
	Magnesio	mg/kg	0.2	4 440	2 526
	Manganeso	mg/kg	0.1	1 131,3	3 456
	Molibdeno	mg/kg	0.2	1,8	12,7
	Niquel	mg/kg	0.2	5,8	3,3
	Plata	mg/kg	0.08	2,35	72,56
	Plomo	mg/kg	0.5	85,6	3 054
	Potasio	mg/kg	2	781	1 074
	Selenio	mg/kg	0.6	<0,6	<0,6
	Soilicio	mg/kg	1	>2 000	>2 000
	Sodio	mg/kg	1	83	<1
	Talio	mg/kg	0.8	<0,8	4,1
	Titanio	mg/kg	0.2	141,5	8,0
	Vanadio	mg/kg	0.1	44,7	26,0
	Zinc	mg/kg	0.1	336,5	1 975

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA.

Tiempo de Perecibilidad de Muestras

ICP : 30días

Miraflores, 25 de Junio del 2011


Milagros Ramirez Arroyo
 Jefe de Operaciones Medio Ambiente
 CQP 689

INFORME DE ENSAYO N° 11106653

CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CASTROVIRREYNA COMPAÑIA MINERA S.A.
Domicilio Legal : Cal. Tomas Ramsey N° 912 - Magdalena del Mar
Solicitado Por : CASTROVIRREYNA COMPAÑIA MINERA S.A.
Referencia : MONITOREO TRIMESTRAL CALIDAD DE PASTOS - 2011

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : PROYECTO PAMPAMACHAY Fecha de Muestreo : 04/01/2011
 Plan de Muestreo : Realizado por el Cliente Fecha de Recepción : 17/01/2011
 Cantidad de Muestras : 1 Fecha Inicio Ensayo : 17/01/2011
 Condición de la Muestra : En buen estado de conservación y preservación

METODOS DE ENSAYO

Parámetros	Normas
Metales ICP	EPA 200.7(1994)

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA.

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes.

		Cod. Cliente		MS-01
		Cod. Lab.		1115168
		Tipo de Producto		Suelo; Suelo
Parámetros		Unidad	L.D.	Resultados
Metales ICP	Aluminio	mg/kg	0.9	5 199
	Antimonio	mg/kg	13	6
	Arsénico	mg/kg	0.5	23,2
	Bario	mg/kg	0.06	132,5
	Berilio	mg/kg	0.02	0,37
	Bismuto (*)	mg/kg	0.8	<0,8
	Boro	mg/kg	0.2	19,9
	Cadmio	mg/kg	0.07	3,97
	Calcio	mg/kg	1	17,393
	Cerio	mg/kg	0.4	13,3
	Cobalto	mg/kg	0.2	<0,2
	Cobre	mg/kg	0.1	48,0
	Cromo	mg/kg	0.1	2,9
	Estaño	mg/kg	0.3	<0,3
	Estroncio	mg/kg	0.1	64,6
	Fósforo	mg/kg	0.7	2 587
	Hierro	mg/kg	0.2	14,709
	Litio	mg/kg	0.7	<0,7
	Magnesio	mg/kg	0.2	1 688
	Manganeso	mg/kg	0.1	1 882
	Molibdeno	mg/kg	0.2	0,9
	Niquel	mg/kg	0.2	3,3
	Plata	mg/kg	0.08	5,30
	Plomo	mg/kg	0.5	330,1
	Potasio	mg/kg	2	1 085
	Selenio	mg/kg	0.6	<0,6
	Silicio	mg/kg	1	1,789
	Sodio	mg/kg	1	65
	Talio	mg/kg	0.8	2,4
	Titanio	mg/kg	0.2	81,9
	Vanadio	mg/kg	0.1	18,8
	Zinc	mg/kg	0.1	652,3

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA.

Tiempo de Perecibilidad de Muestras
ICP : 30días

Miraflores, 25 de Junio del 2011


Milagros Ramirez Arroyo
 Jefe de Operaciones Medio Ambiente
 CQP 689

INFORME DE ENSAYO N° 11106564

CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : CASTROVIRREYNA COMPAÑIA MINERA S.A.
Domicilio Legal : Cal. Tomas Ramsey N° 912 - Magdalena del Mar
Solicitado Por : CASTROVIRREYNA COMPAÑIA MINERA S.A.
Referencia : MONITOREO TRIMESTRAL CALIDAD DE AGUAS - JUNIO 2011

DATOS DE LA MUESTRA

Procedencia : PROYECTO PAMPAMACHAY Fecha de Muestreo : 16/06/2011
 Plan de Muestreo : Realizado por el Cliente Fecha de Recepción : 17/06/2011
 Cantidad de Muestras : 5 Fecha Inicio Ensayo : 17/06/2011
 Condición de la Muestra : En buen estado de conservación y preservación

METODOS DE ENSAYO

Parámetros	Normas
Metales ICP	EPA 200.7(1994)

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA.

SIGLAS: "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes.

		Cod. Cliente		SP-1 suelo	SP-2 "champa"	SP-3 "totora"	SP-4 conglomerado	SP-5 "sora"
		Cod. Lab.		1115163	1115164	1115165	1115166	1115167
		Tipo de Producto		Suelo; pasto	Suelo; pasto	Suelo; pasto	Suelo; pasto	Suelo; pasto
Parámetros		Unidad	L.D.	Resultados				
Metales ICP	Aluminio	mg/kg	0.9	1,990	5,142	3,087	1,961	9,607
	Antimonio	mg/kg	13	<13	<13	<13	<13	<13
	Arsénico	mg/kg	0.5	16.4	14.9	33.8	18.8	57.0
	Bario	mg/kg	0.06	36.84	35.76	105.4	33.64	145.4
	Berilio	mg/kg	0.02	0.30	0.32	0.55	0.44	1.15
	Bismuto (*)	mg/kg	0.8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8
	Boro	mg/kg	0.2	17.0	13.6	30.5	17.5	37.7
	Cadmio	mg/kg	0.07	7.28	5.75	26.54	12.42	18.85
	Calcio	mg/kg	1	4,841	5,590	12,391	4,744	3,148
	Cerio	mg/kg	0.4	6.3	24.5	12.4	9.5	27.5
	Cobalto	mg/kg	0.2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
	Cobre	mg/kg	0.1	130.7	29.7	231.3	234.1	287.4
	Cromo	mg/kg	0.1	1.6	4.0	3.5	1.8	8.3
	Estaño	mg/kg	0.3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	2.0
	Estroncio	mg/kg	0.1	31.0	30.3	84.3	34.1	20.9
	Fósforo	mg/kg	0.7	2,430	1,425	3,523	2,253	1,007
	Hierro	mg/kg	0.2	12,138	12,315	25,466	15,236	37,280
	Litio	mg/kg	0.7	<0,7	5.4	0.7	<0,7	1.0
	Magnesio	mg/kg	0.2	1,261	3,438	1,520	1,079	1,644
	Manganeso	mg/kg	0.1	2,136	1,344	5,851	2,975	9,920
	Molibdeno	mg/kg	0.2	2.0	1.4	2.3	1.5	3.2
	Niquel	mg/kg	0.2	2.5	7.4	8.9	3.2	9.9
	Plata	mg/kg	0.08	1.48	0.84	2.95	1.40	11.40
	Plomo	mg/kg	0.5	130.5	49.5	316.0	198.6	1,538
	Potasio	mg/kg	2	15,434	609	5,291	12,491	6,639
	Selenio	mg/kg	0.6	<0,6	<0,6	2.3	<0,6	<0,6
	Silicio	mg/kg	1	1,385	>2 000	>2 000	1,636	>2 000
	Sodio	mg/kg	1	871	<1	334	670	195
	Talio	mg/kg	0.8	2.3	1.0	7.5	3.7	13.0
	Titanio	mg/kg	0.2	33.9	26.3	48.6	25.1	26.1
	Vanadio	mg/kg	0.1	6.8	14.7	10.0	4.9	18.6
	Zinc	mg/kg	0.1	904.0	1,945	1,391	3.037	3,697

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INDECOPI-SNA.

Tiempo de Perecibilidad de Muestras
ICP : 30días

Miraflores, 25 de Junio del 2011


Milagros Ramirez Arroyo
 Jefe de Operaciones Medio Ambiente
 CQP 689

Anexo 6. Matriz de consistencia.

PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	MARCO TEÓRICO	METODOLOGÍA
¿Cuál será la capacidad extractora de zinc a partir del efluente de la mina Pampamachay por <i>Calamagrostis chrysanthra</i> "sora", <i>Distichia muscoides</i> "champa" y <i>Typha domingensis</i> "Totora"	Hipótesis nula H0: No existe diferencia entre tratamientos para la extracción de zinc a partir de las aguas del efluente de la mina Pampamachay de Unidad de Producción San Genaro de Castrovirreyna Compañía Minera S. A. – Huancavelica, durante el tratamiento con <i>Calamagrostis chrysanthra</i> "sora", <i>Distichia muscoides</i> "champa" y <i>Typha domingensis</i> "Totora". Hipótesis alterna H1: Existe diferencia entre tratamientos para la extracción de zinc a partir de las aguas del efluente de la mina Pampamachay de Unidad de Producción San Genaro de Castrovirreyna Compañía Minera S. A. – Huancavelica, durante el tratamiento con <i>Calamagrostis chrysanthra</i> "sora", <i>Distichia muscoides</i> "champa" y <i>Typha domingensis</i> "Totora".	Objetivo general Determinar la capacidad extractora de zinc por <i>Calamagrostis chrysanthra</i> "sora", <i>Distichia muscoides</i> "champa" y <i>Typha domingensis</i> "totora" a partir del efluente de la mina Pampamachay de Castrovirreyna Compañía Minera S.A. – Huancavelica 2011. Objetivos específicos: - Determinar la capacidad de absorción de zinc por los tratamientos con <i>Calamagrostis chrysanthra</i> "sora", tratamiento con <i>Distichia muscoides</i> "champa", tratamiento con <i>Typha domingensis</i> "totora" y el tratamiento en conglomerado de <i>Calamagrostis chrysanthra</i> "sora", <i>Distichia muscoides</i> "champa" y <i>Typha domingensis</i> "totora" y comparar los tratamientos con el tratamiento control. - Determinar la capacidad de absorción de zinc por el tratamiento control (solo con sustrato).	VARIABLES: Independientes: Especies vegetales utilizadas en el tratamiento de las aguas de la mina Pampamachay: <i>Calamagrostis chrysanthra</i> "sora" <i>Distichia muscoides</i> "champa" <i>Typha domingensis</i> "totora" Dependientes: Concentración de zinc residual en las aguas de la bocamina Pampamachay tras ser sometido en los diferentes tratamientos. Concentración de zinc fitoabsorbido por las especies vegetales, a partir de aguas de la bocamina Pampamachay.	Antecedentes. Antecedentes internacionales Antecedentes nacionales Marco conceptual Biorremediación Hiperacumuladores: Metal pesado Rizosfera: Bioacumulación Biomasa Lixiviados Fundamento teórico El agua. Distribución del agua. Propiedades físicas y químicas del agua. Contaminación del agua. Ciclo hidrológico del agua. Calidad del agua. Drenaje ácido de mina. Humedales naturales. Tratamiento de aguas de mina. La fitorremediación. Nutrición mineral de las plantas. Bio-remediación. El zinc. Taxonomía de las especies en estudio. Descripción de Castrovirreyna Compañía Minera S.A. Recopilación histórica de Castrovirreyna Compañía Minera S.A. Marco lega	TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental RÉGIMEN DE INVESTIGACIÓN: Libre. MÉTODO Población Cien (100) especímenes vegetales de las siguientes especies <i>Calamagrostis chrysanthra</i> (Presl) Stende "sora", <i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyer "champa" y <i>Typha domingensis</i> "totora". Aguas provenientes del efluente de la bocamina Pampamachay – unidad de producción San Genaro de Castrovirreyna Compañía Minera S.A. – Huancavelica 2011. MUESTRA Muestra del afluente: Un litro de agua proveniente del efluente de mina Pampamachay de la Unidad de Producción San Genaro de Castrovirreyna Compañía Minera S. A. Muestra de efluente: Un litro de agua proveniente del efluente de mina Pampamachay de la Unidad de Producción San Genaro de Castrovirreyna Compañía Minera S. A. posterior a los tratamientos de acuerdo al siguiente detalle: - Tratamiento 1, con <i>Calamagrostis chrysanthra</i> (Presl) Stendel + sustrato - Tratamiento 2, con <i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyer + sustrato - Tratamiento 3, con <i>Typha domingensis</i> + sustrato - Tratamiento 4, con <i>Calamagrostis chrysanthra</i> (Presl) Stendel, <i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyer y <i>Typha domingensis</i> + sustrato - Tratamiento 5, con sustrato. Muestra vegetal y sustrato antes de la experimentación: 500 g. de material vegetal de las siguientes especies <i>Calamagrostis chrysanthra</i> (Presl) Stendel) "sora", <i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyer "champa" y <i>Typha domingensis</i> "totora", obtenido en zonas autóctonas o de crecimiento natural. 500 g. de sustrato (compuesto de tierra correspondiente al horizonte O de los alrededores de la mina pampamachay). Muestra vegetal y sustrato después de la experimentación: 500 g. de material vegetal de las siguientes especies <i>Calamagrostis chrysanthra</i> (Presl) Stendel) "sora", <i>Distichia muscoides</i> Nees & Meyer "champa" y <i>Typha domingensis</i> "totora", obtenido tras el proceso de experimentación de los diferentes tratamientos. 500 g. Periodicidad de los muestreos Muestras de efluente y afluente. Durante 10 semanas, en el periodo comprendido entre diciembre del 2010 y febrero del 2011, en dicho periodo se muestreó cada siete días, realizando el muestreo los días miércoles de cada semana (relativo), llegando a diez (10) muestras por cada tratamiento que hacen un total de sesenta (60) muestras tras los tratamientos, siendo estas muestras analizada en los laboratorios del Departamento de Medio Ambiente de Castrovirreyna Compañía Minera S.A. Muestras vegetales es antes y después de la experimentación. El muestreo del material vegetal de las diferentes especies vegetales y una muestra de sustrato antes de la experimentación, tras las 10 semanas de experimentación se volvió a tomar las muestras de las diferentes especies vegetales y una muestra de sustrato, siendo cuatro (04) muestras antes de la experimentación y cuatro (04) muestras tras la experimentación. ANÁLISIS ESTADÍSTICO A partir de los resultados obtenidos se calcularán con pruebas estadísticas de análisis de la varianza (ANOVA), los resultados serán presentados en gráficos y tablas utilizando programas estadísticos como Excel y Spss.

Anexo 7. Figuras de ubicación y diseños.

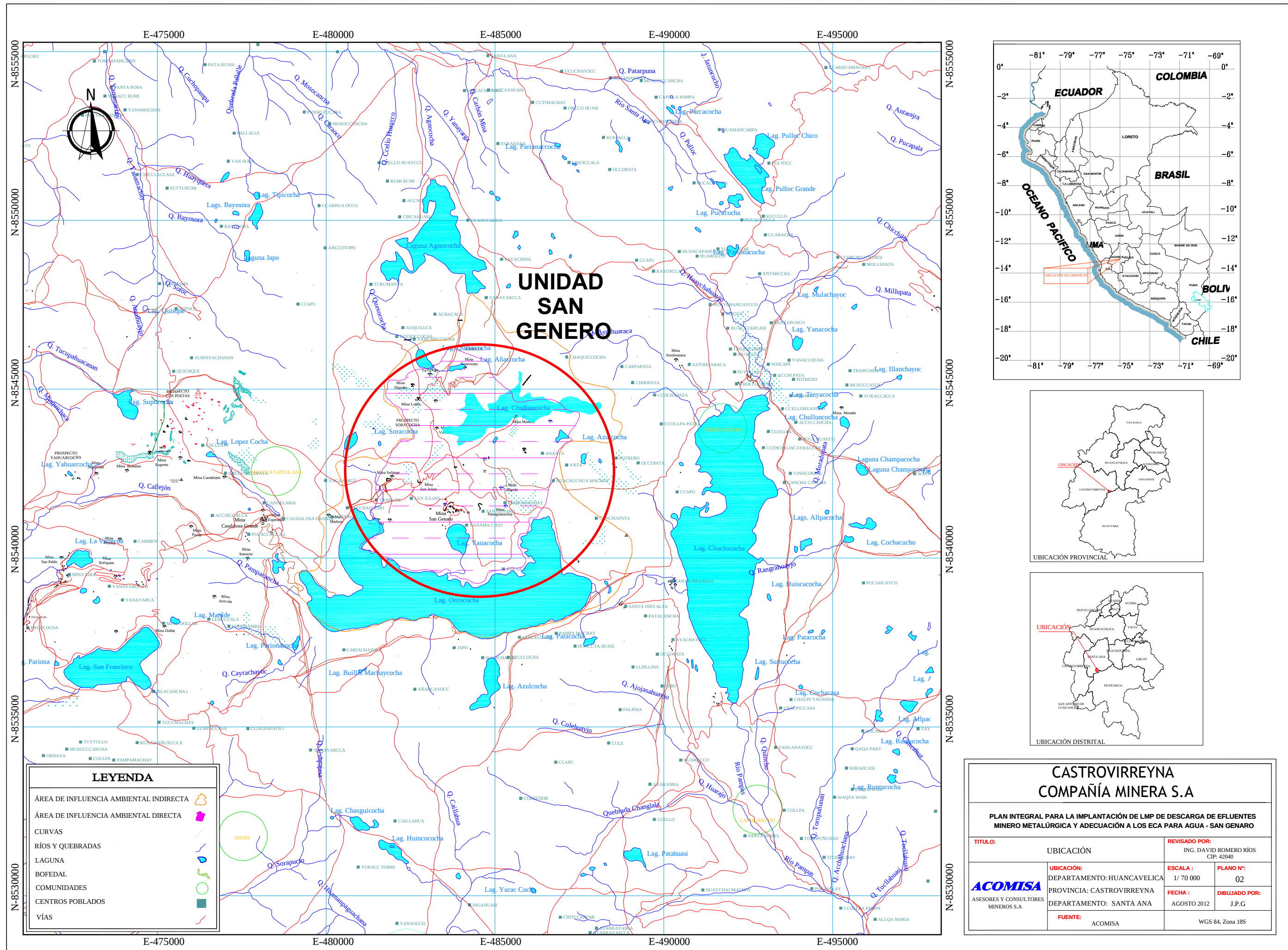


Figura 05: Unidad de Producción “San Genaro” ubicada en el Distrito de Santa Ana, de la Provincia de Castrovirreyna y del Departamento de Huancavelica.

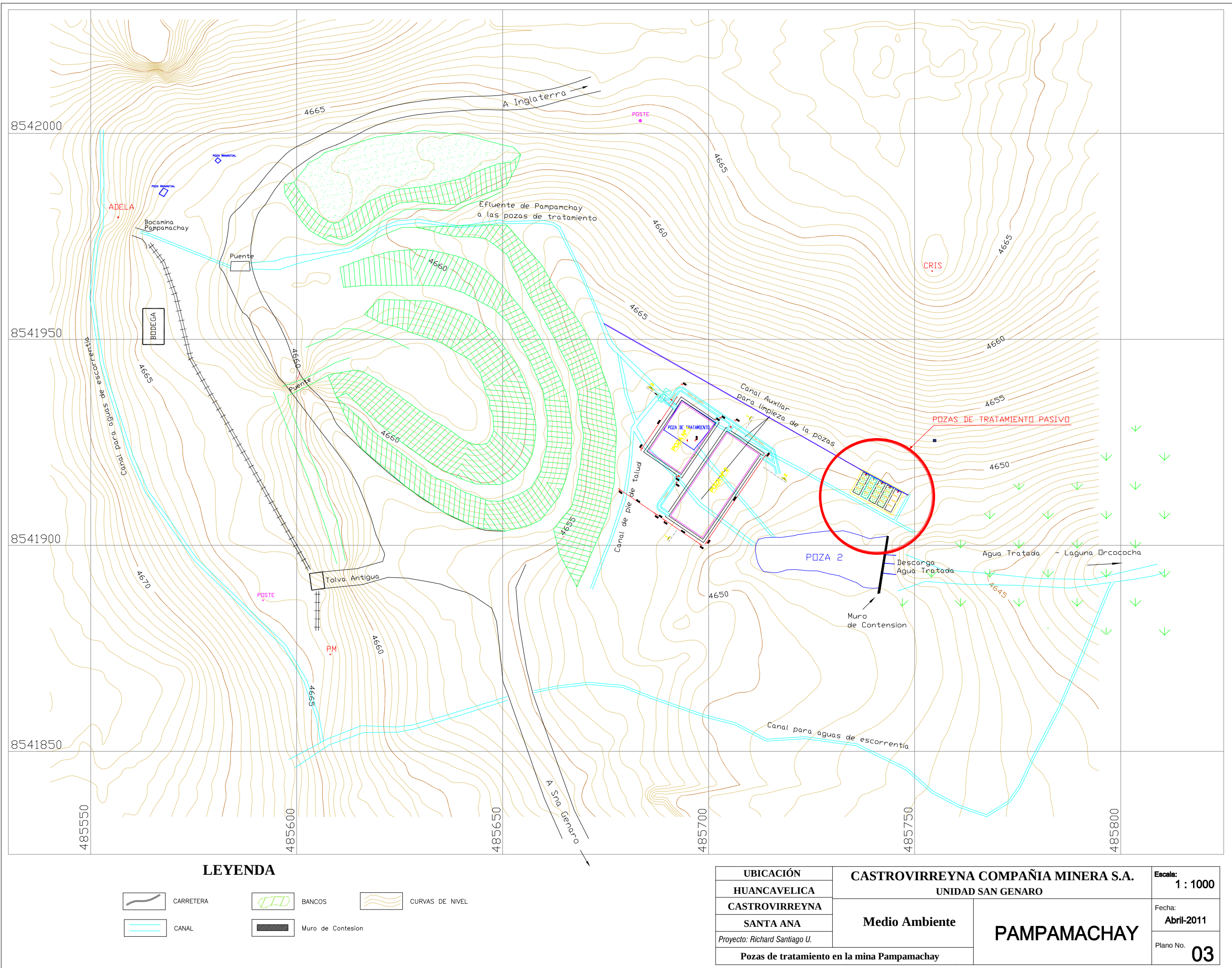
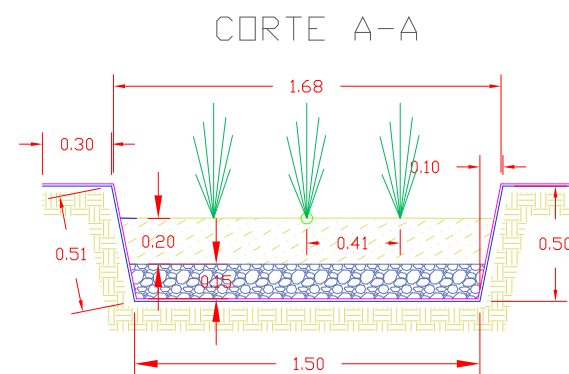
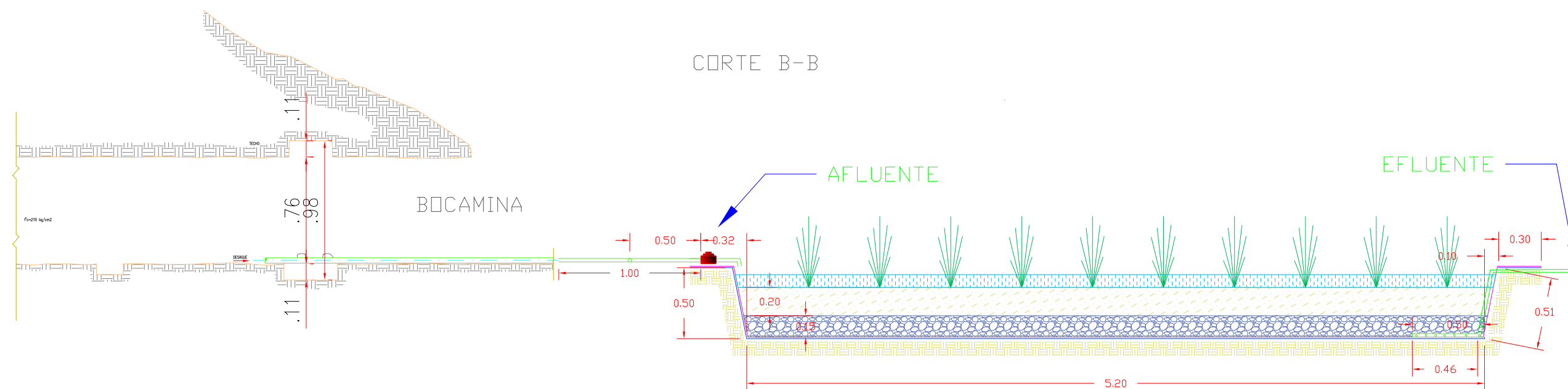


Figura 06: Ubicación del sistema de tratamiento de las aguas de la mina Pampamachay de Castrovirreyna Compañia Minera S.A. Unidad de Producción San Genaro - Huancavelica.



LEYENDA			
	MUROS		PARED DE CONCRETO
	GEOMEMBRANA		GRAVA
	TUBERÍA 2" ϕ		TIERRA AGRÍCOLA (SUSTRATO)
	VÁLVULAS		VEGETACIÓN
	TERRENO		

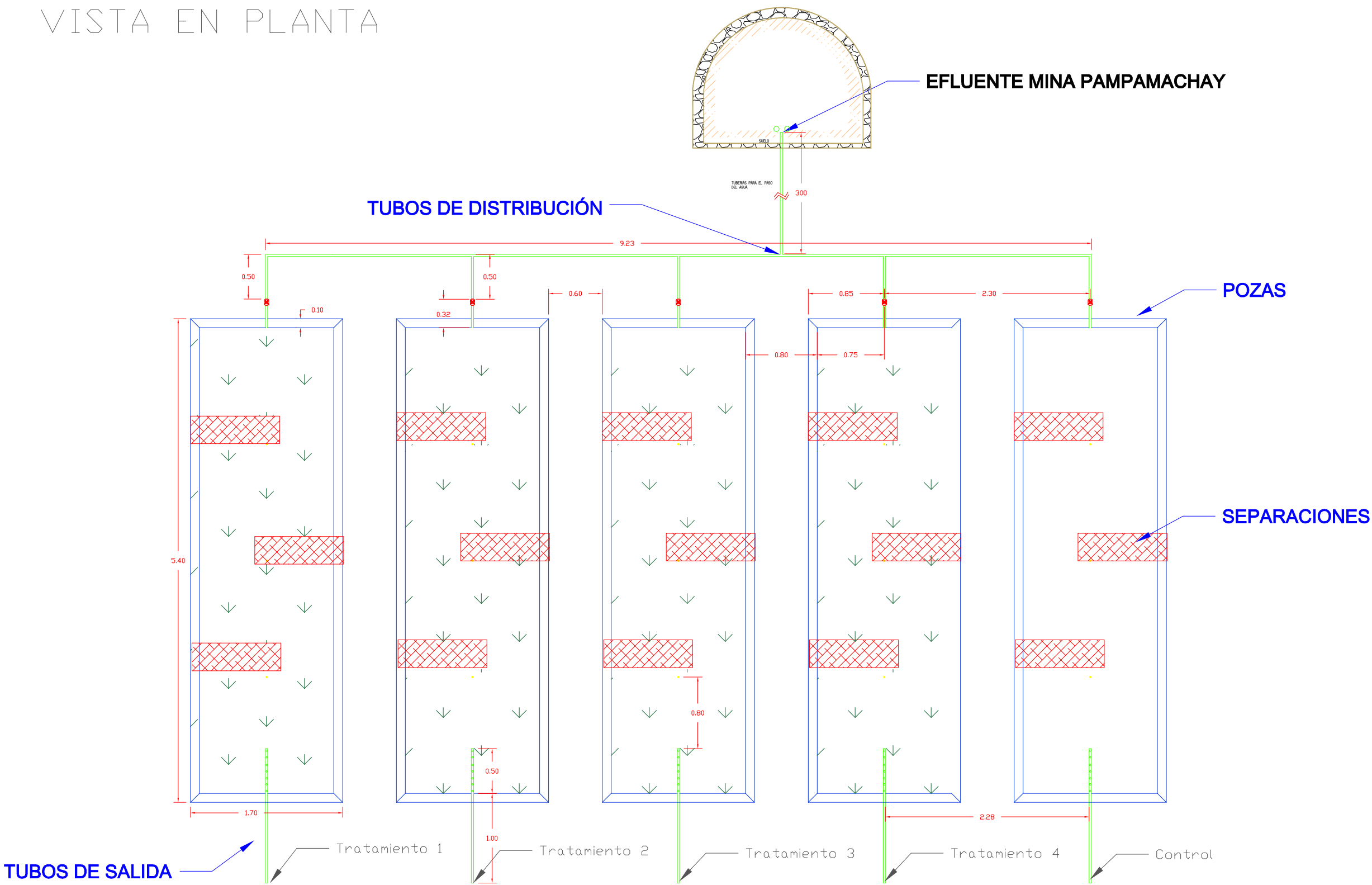
Medidas
requeridas de
geomembrana
para una poza:
ancho = 3.1 m
largo = 6.8 m
área = 21.08 m²



UNIDAD SAN GENARO	CASTROVIRREYNA COMPAÑÍA MINERA S.A.		Escala:
Huancavelica			Indicada
Castrovirreyna	Medio Ambiente	PAMPAMACHAY	Fecha:
Santa Ana			Abril-2011
Proyecto: Richard D. Santiago			Modificado:
Estructura de las pozas para el tratamiento			Plano No.
			04

Figura 07: Estructura de las pozas para el tratamiento durante la fitoextracción de zinc por *Calamagrostis chrysantha* "sora", *Distichia muscoides* "champa" y *Typha dominguensis* "totora" del etluente de la mina Pampamachay de Castrovirreyna Compañía Minera S.A. Unidad de Producción San Genaro - Huancavelica.

VISTA EN PLANTA



UBICACIÓN		CASTROVIRREYNA COMPAÑIA MINERA S.A.	Escala:	Indicada
Huancavelica			UNIDAD SAN GENARO	
Castrovirreyna	Medio Ambiente	PAMPAMACHAY		Fecha:
Santa Ana			Modificado:	
Proyecto: Richard D. Santiago U.			Plano No.	05
Diagrama de instalación de los diferentes tratamientos.				

Figura 08: Diagrama de instalación de los diferentes tratamientos durante la fitoextracción de zinc por *Calamagrostis chrysantha* "sora", *Distichia muscoides* "champa" y *Typha domingensis* "totora" del efluente de la mina Pampamachay de Castrovirreyna Compañía Minera S.A. Unidad de Producción San Genaro - Huancavelica.

**UNSCH**FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. Richard David SANTIAGO URBANO
RESOLUCIÓN DECANAL N° 267-2023-UNSCH-FCB-D

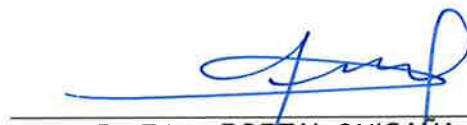
En la ciudad de Ayacucho, siendo las once de la mañana del quince de diciembre del año dos mil veintitrés; se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, presidido por el Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA; MS. Elmer Alcides AVALOS PÉREZ (Miembro-Jurado); Dr. Edwin PORTAL QUICANA (Miembro-Jurado); Mg. Rilder Nemesio GASTELÚ QUISPE (Miembro-Jurado); Dr. Saúl Alonso CHUCHÓN MARTÍNEZ (Miembro - Asesor); actuando como secretario docente el Mg. Jime Jack RIVERA VILLAR; para presenciar la sustentación de tesis titulada: **Fitoextracción de zinc por *Calamagrostis sp* "sora" *Distichia muscoides* "champa" y *Remux sp* "rumanza" del afluyente de mina de Pampamachay de Castrovirreyna Compañía Minera S.A. Unidad de Producción San Genaro, - Huancavelica 2010 – 2011**; presentado por el Bach. Richard David SANTIAGO URBANO; el Presidente luego de verificar la documentación presentada, indicó al secretario docente dar lectura a la documentación generada que refrenda el presente acto académico, luego de ello dispuso el inicio al acto de sustentación, indicando al sustentante que dispone de cuarenta y cinco minutos para exponer su trabajo de investigación tal como establece el Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Biología. Culminada la exposición, el Presidente invitó a cada uno de los Miembros del Jurado a participar con sus observaciones, sugerencias y preguntas al sustentante. Culminada esta etapa, el presidente invitó al sustentante y al público asistente a abandonar momentáneamente el Auditorio para que los miembros del jurado evaluador puedan realizar las deliberaciones. Los miembros del jurado acuerdan, en base a las evidencias de una identificación más precisa de las plantas identificadas y acreditada por constancias, modificar el título de la tesis en los términos siguientes: **Extracción de zinc por *Calamagrostis chrysantha* (Presl) "sora", *Distichia muscoides* "champa" y *Typha domingensis* PERS "totora" del efluente de Mina de Pampamachay de Castrovirreyna – Huancavelica**; y finalmente calificaron con los siguientes resultados que se consignan a continuación:

Miembros del Jurado Evaluador	Exposición	Respuesta a preguntas	Promedio
MS. Elmer Alcides AVALOS PÉREZ	16	17	17
Dr. Edwin PORTAL QUICANA	15	17	16
Mg. Rilder Nemesio GASTELÚ QUISPE	15	17	16
		PROMEDIO	16

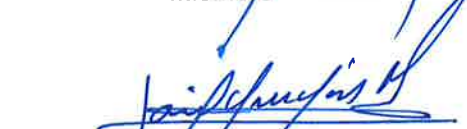
El sustentante alcanzó el promedio de 16 (aprobatorio). Acto seguido, el presidente autorizó el ingreso del sustentante y el público al Auditorio dando a conocer los resultados, e indicando que de este modo se da por finalizado el presente acto académico, siendo las seis y veinte de la p.m.; firmando al pie del presente en señal de conformidad.


Dr. Saturnino Martín TENORIO BAUTISTA
Presidente


MS. Elmer Alcides AVALOS PÉREZ
Miembro – Jurado


Dr. Edwin PORTAL QUICANA
Miembro – Jurado


Mg. Rilder Nemesio GASTELÚ QUISPE
Miembro – Jurado


Dr. Saúl Alonso CHUCHÓN MARTÍNEZ
Miembro – Asesor


Mg. Jime Jack RIVERA VILLAR
Secretario – Docente



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

DECANATURA - ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

Nº 64-2024-FCB-D

Yo, FIDEL RODOLFO MUJICA LENGUA, Director de la Escuela Profesional de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; autoridad encargada de verificar la tesis titulada: **Extracción de zinc por *Calamagrostis chrysantha* (Presl) "sora", *Distichia muscoides* "champa" y *Typha domingensis* PERS "totora" del efluente de Mina de Pampamachay de Castrovirreyna – Huancavelica**, por RICHARD DAVID SANTIAGO URBANO; he constatado por medio del uso de la herramienta TURNITIN, procesado CON DEPÓSITO, una similitud de 10%, grado de coincidencia, menor a lo que determina la ausencia de plagio definido por el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU.

En consecuencia, la tesis cumple con las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Se acompaña el INFORME FINAL DE TURNITIN correspondiente.

Ayacucho, 30 de setiembre de 2024.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Escuela Profesional de Biología

Dr. Fidel R. Mujica Lengua
DIRECTOR

Extracción de zinc por Calamagrostis chrysantha (Presl) “sora”, Distichia muscooides “champa” y Typha domingensis PERS “totora” del efluente de Mina de Pampamachay de Castrovirreyna - Huancavelica

por Richard David SANTIAGO URBANO

Fecha de entrega: 30-sep-2024 12:11p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2470496331

Nombre del archivo: AGO-URBANO-Richard_David-pregrado_tesis_2023_-_TURNITIN_PDF.pdf (1.06M)

Total de palabras: 14407

Total de caracteres: 76432

Extracción de zinc por Calamagrostis chrysantha (Presl) "sora", Distichia muscoides "champa" y Typha domingensis PERS "tatora" del efluente de Mina de Pampamachay de Castrovirreyna - Huancavelica

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	idoc.pub Fuente de Internet	2%
---	--	----

2	cdn.hannachile.com Fuente de Internet	1%
---	--	----

3	es.wikipedia.org Fuente de Internet	1%
---	--	----

4	docslide.us Fuente de Internet	1%
---	---	----

5	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	1%
---	---	----

6	pdfcookie.com Fuente de Internet	1%
---	---	----

7	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	1%
---	--	----

8	dspace.umh.es Fuente de Internet	<1%
---	---	-----

9	infoagro.com Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	journal.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	noesis.uis.edu.co Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
15	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 30 words