



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA

TITULACIÓN DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

Determinación de metales pesados en plantas en áreas explotadas por la minería aurífera en el sector Chinapintza-Zamora Chinchipe-Ecuador

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

AUTOR: Paladines Benítez, María del Carmen

DIRECTOR: Armijos Riofrio, Chabaco Patricio PhD.

LOJA - ECUADOR

2014

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

Ph D.

Chabaco Patricio Armijos Riofrío

DOCENTE DE LA TITULACION

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación: **Determinación de metales pesados en plantas en áreas explotadas por la minería aurífera en el sector Chinapintza-Zamora Chinchipe-Ecuador**, realizado por Paladines Benítez María del Carmen, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, diciembre de 2014

f)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“ Yo Paladines Benítez María del Carmen ser autora del presente trabajo de fin de titulación: **Determinación de metales pesados en plantas en áreas explotadas por la minería aurífera en el sector Chinapintza-Zamora Chinchipe-Ecuador**, de la Titulación de Ingeniero en Gestión Ambiental, siendo Chabaco Patricio Armijos Riofrío Ph.D. director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad"

f.....

Paladines Benítez, María del Carmen
110450345

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado en primer lugar a mis padres que con esfuerzo y sacrificio me han apoyado a lo largo de toda mi vida estudiantil, de manera especial a mi madre que ha sabido guiarme y ha estado a mi lado en todo momento.

A mis amigos que de alguna u otra manera aportaron para la culminación de este trabajo, a mis hermanos que son un pilar fundamental en mi vida.

María del Carmen Paladines Benítez.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a la Universidad Técnica Particular de Loja que me brindó la oportunidad de obtener un título profesional.

De manera especial al PhD. Chabaco Armijos quien con sus acertadas sugerencias colaboró de manera decisiva en la realización y culminación de este trabajo, así como al Ing. James Calva por su gran aporte en la fase de laboratorio.

María del Carmen Paladines Benítez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA	i
CERTIFICACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE DE CONTENIDOS	vi
INDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS	vii
RESÚMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO I	
1. MARCO TEORICO	5
1.1 Generalidades físicas y geográficas	5
1.1.1 Ubicación	5
1.1.2 Acceso	5
1.1.3 Clima	6
1.1.4 Flora	6
1.1.4.1 Determinación de diversidad de especies de Chinapintza	7
1.2 Aspectos socioeconómicos del área de estudio	9
1.2.1 Demografía	9
1.2.2 Servicios básicos	9
1.2.3 Actividades productivas	10
1.2.3.1 Labores de explotación	10
1.2.3.2 Leyes, normas y reglamentos de minería artesanal	11
1.3 Tecnologías de remediación	11
1.3.1 Bioremediación	12
1.3.2 Fitorremediación	12
1.3.3 Criterios de selección de plantas para la fitorremediación	13
1.4 Plantas hiperacumuladoras de metales pesados	13
1.4.1 Proceso de transferencia de metales pesados suelo-planta	14
CAPITULO II	
2. MATERIALES Y MÉTODOS	16
2.1 Determinación de diversidad de la zona de Chinapintza	16
2.2 Análisis de metales pesados	18
2.2.1 Procedimiento de determinación de metales pesados en materia vegetal	18
CAPITULO III	
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
3.1 Especies obtenidas	21
3.2 Diversidad de especies	22
3.3 Similitud de especies	23
3.4 Análisis de metales pesados	24
4. Conclusiones	28
5. Recomendaciones	29
6. Bibliografía	30

ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS

GRÁFICOS

Gráfico 1: Ubicación de la zona minera Chinapintza.	5
Gráfico 2: Zona Intervenida.	16
Gráfico 3: Zona en recuperación.	17
Gráfico 4: Zona natural.	17

TABLAS

Tabla 1: Especies de la zonas intervenidas, recuperación y natural	22
Tabla 2: Índices de diversidad de las zonas.	22
Tabla 3: Índices de similitud de las zonas.	23
Tabla 4: Análisis de metales pesados en la zona intervenida.	24
Tabla 5: Análisis de metales pesados en la zona en recuperación.	25
Tabla 6: Análisis de metales pesados en la zona natural.	26

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el área minera "Chinapintza" ubicada en la Provincia de Zamora Chinchipe, Cantón Paquisha, al sur este del Ecuador, en la frontera con el Perú. La finalidad fue determinar la composición florística de la zona minera Chinapintza y de esta manera conocer cuáles son las familias más representativas del lugar, para esto se aplicó los índices de Shanon, Simpson y Margalef. Otro de los objetivos fue determinar si las ocho plantas seleccionadas por su abundancia acumulan metales pesados como Hg, Pb, Cu, Fe, Cd y As, para esto se aplicó el método de espectrofotometría de absorción atómica. En cuanto a la diversidad de familias se determinó que las más representativas del lugar fueron las: Melastomataceas, Asteráceas y las Poaceas.

En lo que respecta al análisis de la contaminación por metales pesados, se encontró que de las ocho plantas seleccionadas, las especies que acumulan una mayor cantidad de los mismos son la: *Miconia sp*, *Lianum sp*, *Eratopolymnoides sp*, y la *Philodemdreum sp*; como también que los metales más frecuentemente absorbido son el cobre, el arsénico y el cadmio.

PALABRAS CLAVES: contaminación, Chinapintza, metales pesados, minería

ABSTRACT

This study was conducted in the mining area "Chinapintza" located in the province of Zamora Chinchipe, Canton Paquisha, south east of Ecuador, on the border with Peru. The purpose was to determine the floristic composition of the mining area and Chinapintza thus know the most representative local families for this, the diversity indexes of Shanon, Simpson and Margalef were applied. Another objective was to determine whether the eight selected plants -due to its abundance- accumulate heavy metals such as Hg, Pb, Cu, Fe, Cd and As; to do it, the atomic absorption spectrophotometry method was applied.

As for the diversity of families it was determined that the most representative plants of the area are: Melastomataceae, Asteraceae and Poaceae.

Regarding the analysis of heavy metal contamination, it was found that from the eight selected plant the species accumulating the greater amount of them are: Miconia sp, Lianum sp, Eratopolymnoides sp, and Philodemdreum sp; also it was found out that the most frequently absorbed metals are copper, arsenic and cadmium.

KEYWORDS: pollution, Chinapintza, heavy metals,mining

INTRODUCCIÓN

La minería es la obtención selectiva de los minerales y otros materiales a partir de la corteza terrestre, también corresponde a la actividad económica primaria relacionada con la extracción de elementos como el oro, actividad de la cual se puede obtener un beneficio económico.

La provincia de Zamora Chinchipe se asienta en una de las regiones más ricas del país, tanto por su cultura y conocimiento asociado, como por su biodiversidad, recursos hídricos y minerales disponibles. La gran mayoría de los recursos minerales se encuentran en el subsuelo de los mismos territorios donde nace el agua, o donde se han formado estos mosaicos de biodiversidad a lo largo de la historia. Esta condición biofísica y socio cultural, genera un conflicto entre usos potenciales: minería o agua, minería o biodiversidad (Encalada 2007).

En esta provincia se encuentran algunos yacimientos de gran importancia en lo que se refiere a la minería aurífera entre ellos Chinapintza, Guaysimi, Sultana, Campanilla, Campana, Nambija entre otros.

Chinapintza es uno de los yacimientos que ha sido explotado por varios años, debido a esto en este sector se encuentran varias escombreras en las que la vegetación se ha regenerado en sitios totalmente contaminados por la minería, es por esto que la Universidad Técnica Particular de Loja a través del departamento de Química aplicada se ha enfocado en evaluar la capacidad de acumulación de metales pesados, de las diferentes especies que se encuentran en este sitio. Para esto, en el presente estudio en primera instancia se determinó la composición florística de la zona minera Chinapintza realizando una colecta de las especies más representativas de las zonas en estudio, los resultados se obtuvieron mediante la aplicación de los índices de diversidad correspondientes que se detallan en el capítulo 2.

En lo que respecta a la determinación de metales pesados se analizaron las ocho especies más representativas de cada zona (intervenida, recuperación, natural), los metales analizados fueron: cobre, hierro, mercurio, plomo, arsénico y cadmio, este análisis se lo realizó usando el método de espectrofotometría de absorción atómica.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo servirán para proponer que las especies encontradas en este sector sean usadas como medios de descontaminación ambiental, mediante mecanismos como la fitorremediación.

CAPITULO I
MARCO TEÓRICO

1.1 Generalidades físicas y geográficas

1.1.1 Ubicación

El área de estudio se ubica al noroeste de las estribaciones de la cordillera del cóndor en la provincia de Zamora Chinchipe, cantón Paquisha, limitando con el vecino país Perú. Esta zona pertenece políticamente a la parroquia de Nuevo Quito (Imagen 1).

Las coordenadas geográficas UTM son: **770250 E, 770900 E**
9557500 N 9546250 N



Imagen 1: (Ubicación minera Chinapintza)
Fuente: municipiodepaquisha.blogspot.com. (2013)

1.1.2. Acceso

El ingreso se lo puede realizar por la vía principal Zamora-Gualaquiza (Troncal Amazónica). Así como primera opción de acceso se realiza desde el oeste por la ciudad de Zamora, se recorre por una vía de primer orden que atraviesa Cumbaratza, la Zaquea, hasta Zumbi, luego se toma una vía de tercer orden con un recorrido de 18 km, se arriba hasta la población de Paquisha, de aquí hasta el centro minero de Chinapintza existe 26 kilómetros atravesando el centro minero Conguime y la Punta (Guerrero, 2014).

1.1.3. Clima

La zona de estudio se ubica en la región amazónica húmeda subtropical según datos de PREDESUR presenta una precipitación anual entre 2000 y 3000 mm.

Las temperaturas en la zona, generalmente están entre los 15 y los 18°C, no existiendo a nivel mensual un valor de alteración significativo puesto que la oscilación térmica es de ± 1.7 ° C entre los meses cálidos aproximadamente 18.7°C y el mes más frío 16°C.

La precipitación media normal generada durante el año (enero-diciembre) del área es de 2.850.1 mm, siendo los meses más lluviosos abril, mayo, junio y julio con valores entre 300.5, 284.6 y 291.4 mm. El mes más lluvioso presenta un valor de 201.8 mm oscilando entre 20.1.8 y 300.5 mm correspondientes al mes de julio; la época seca se produce entre los meses de octubre y noviembre.

La humedad relativa fluctúa entre 70 y 80°C, debido a la humedad alta los valores de evaporación del suelo son bajos. El lugar presenta régimen isotermal con variaciones anuales mínimas (INAMHI 2008).

1.1.4. Flora

La cordillera del Cóndor es un área de formaciones vegetales únicas y por lo tanto con una alta biodiversidad y endemismos, por ejemplo en los lugares más altos se ha encontrado una comunidad de bromelias y orquídeas totalmente desconocidas para la ciencia.

En lo que respecta a la provincia de Zamora Chinchipe esta posee una flora muy diversa, que es de gran importancia desde el punto de vista económico debido a que las especies maderables existentes en esta zona como: el guayacán, cedro, caoba, roble, caucho son muy apreciados por la industria maderera tanto a nivel nacional como internacional.

Esta zona es productora de especies vegetales alimenticias entre las que podemos mencionar: plátano, maíz, yuca, café, caña de azúcar, chontaduro y el palmito los mismos que son aprovechados por habitantes de la región.

También posee una gran variedad de flores como: rosas de diferentes colores, frutos en gran diversidad del clima tropical, como el mango, zapote, naranja, limón, sandía, melón, piña, etc.

Por otra parte existen también algunas plantas que son utilizadas como alucinógenas como por ejemplo: la guayusa y el ayaguasca (Technical Report- Jerusalem Gold Project, Zamora Chinchipe 2004).

En lo que se refiere a la microcuenca de la quebrada de Chinapintza y Conguime existen parcelas cubiertas por pastizales, cultivos y remanentes de boques secundarios, además de bosque denso intervenido por la actividad minera (Cabrera *et al*, 2003).

Considerando los aspectos fisionómicos generales de la vegetación y eco fisiológicos del área de estudio, según Holdridge citado por Cañadas, 1993, corresponde a la Zona de vida Bosque Húmedo pre-Montano.

En el presente estudio para determinar la diversidad florística de la zona minera Chinapintza se realizó tres análisis estadísticos que se detallan a continuación:

1.1.4.1. Determinación de la diversidad de especies de Chinapintza en tres zonas.

- **Índice de Shannon-Wiener** se usa en ecología u otras ciencias similares para medir la biodiversidad. Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos no tiene límite superior o en todo caso lo da la base del logaritmo que se utilice. Los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes de coral, y los menores las zonas desérticas. Las mayores limitaciones de este índice es que no tiene en cuenta la distribución de las especies en el espacio (Pla 2006). La fórmula del índice de Shannon es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Dónde:

- S es el número de especies
- p_i – proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie $\frac{n_i}{N}$)
- n_i – número de individuos de la especie i
- N – número de todos los individuos de todas las especies

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (*riqueza de especies*), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (*abundancia*) (Pla, 2006).

- **Índice de diversidad de Simpson** (también conocido como el índice de la diversidad de las especies o índice de dominancia) es uno de los parámetros que nos permiten medir la riqueza de organismos. En ecología, es también usado para cuantificar la biodiversidad de un hábitat. Toma un determinado número de especies presentes en el hábitat y su abundancia relativa. El índice de Simpson representa la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie (citado en Cerón, 2005).

La fórmula para el índice de Simpson es:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Dónde:

- S es el número de especies
- N es el total de organismos presentes (o unidades cuadradas)
- n es el número de ejemplares por especie

El índice de Simpson fue propuesto por el británico Edward H. Simpson en la revista *Nature* en 1949 (citado en Cerón, 2005).

- **Índice de Margalef, o índice de biodiversidad de Margalef:** es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada.

El índice de Margalef tiene la siguiente expresión $I=(s-1)/\ln N$, donde I es la biodiversidad, s es el número de especies presentes, y N es el número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies). La notación Ln denota el logaritmo neperiano de un número.

Valores inferiores a 2,0 son considerados como relacionados con zonas de baja biodiversidad (en general resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad según Margalef (citado en Orellana, 2009).

Para la **determinación de similitudes** entre estadios se hizo el índice de similitud de Sorensen:

Índice de Sorensen: es un índice estadístico que mide la similitud, disimilitud o distancias entre dos estaciones de muestreo. (Chao, et al.2004).

Su fórmula es:

$$QS = \frac{2C}{A + B} = \frac{2n(A \cap B)}{n(A) + n(B)}$$

Dónde:

- a: número de especies en la estación A
- b: número de especies en la estación B
- c: número de especies presentes en ambas estaciones, A y B

El índice de Sorensen mientras más se acerca a 1 tiene más similitud y viceversa.

1.2. Aspectos socioeconómicos del área de estudio.

1.2.1 Demografía.

El área de estudio se localiza en la Provincia de Zamora Chinchipe, esta provincia tiene un total de 91,376 habitantes, de estos el 52%, son hombres y el 48% restantes son mujeres. La población urbana está representada por el 39,5% (de este porcentaje el 51% son hombres y el 49% son mujeres), el 60,5% se localiza en el área rural (52,5% hombres y 47,5% mujeres).

El cantón Paquisha cuenta con una población de 3854 habitantes, de este total, 1003 personas pertenecen al área urbana, mientras que 2851 pobladores se encuentran en la población rural, el 56% de la población son hombres y el 44% mujeres (Guerrero, 2014).

La población de la zona minera Chinapintza está constituida por personas del El Oro, Azuay, Loja, Zamora Chinchipe, además las poblaciones que se encuentran cercanas a esta zona están pobladas por la etnias Shuar, Saraguros y mestizos (Calle, 2014).

1.2.2. Servicios Básicos.

El área minera posee los servicios básicos de agua potable y luz eléctrica que son de vital importancia para las labores mineras.

Las vías de acceso a esta localidad se encuentran en muy mal estado debido a esto los únicos vehículos que tienen acceso a esta zona son los que tienen tracción en la 4 ruedas y los camiones grandes. Los moradores de este sector no cuentan con alcantarillado, ni un

adecuado tratamiento para las aguas servidas, las mismas que terminan desembocando en las quebradas de la zona o en las fosas sépticas construidas (Guerrero, 2014).

1.2.3. Actividades Productivas.

Según los datos del censo realizado por el INEC en el año 2010 en la provincia de Zamora Chinchipe, un 34,8% de hombres son agricultores y trabajadores calificados, 16% son limpiadores, asistentes domésticos, vendedores ambulantes, peones agropecuarios, 11,5% son operadores de maquinaria pesada y un 11,3 son oficiales, operarios y artesanos. En cuanto a las mujeres un 23% se dedican a la agricultura y trabajos calificados, 21% son vendedoras ambulantes, el 12% son profesionales (INEC, 2010).

En cuanto a las actividades productivas de la zona minera Chinapintza el 80-85% está vinculada a la actividad minera, específicamente a la extracción de oro, el 15-20% restante se dedica a la venta de víveres, extracción de madera y comercio (Calle, 2014).

1.2.3.1 Labores de explotación

En la minería artesanal que es la que se practica en la zona de estudio, el sistema de explotación es mediante perforadoras mecánicas y el uso de explosivos, por medio de las perforadoras mecánicas produce los orificios para posteriormente poder introducir el barreno. Los explosivos utilizados están compuestos por dinamita y anfo. Después de la voladura se separa el material extraído en función de si contiene o no oro.

Una vez extraído el mineral con concentraciones de oro de la mina, en fragmentos de un tamaño aproximado de unos 5 cm de diámetro, se recoge en sacos para ser transportados hasta la zona de tratamiento mineral, el primer tratamiento consiste en la pulverización mediante molinos manuales llamados quimbales. El proceso de amalgamación es de tipo circuito abierto y se realiza en los quimbales, que están compuestos por un recipiente y una gran piedra de granito, el mineral es triturado gracias al balanceo de la piedra. Una vez finalizada la molienda se obtiene una amalgama de oro y mercurio (Costa, 2009).

La minería artesanal causa diferentes daños ambientales en los lugares que se la práctica como los que mencionamos a continuación:

- **Flora:** Destrucción o reducción de las especies vegetales, especialmente los árboles.
- **Fauna:** Efectos que dañan las condiciones de vida de los animales y el ser humano, afectando de esta manera la biodiversidad.
- **Aguas superficiales:** La contaminación y consumo indiscriminado de aguas superficiales por la actividad minera y/o deposición de residuos representa un peligro para la calidad de aguas superficiales y la vida acuática.

- **Aguas subterráneas:** Contaminación y sobre explotación de aguas subterráneas ocasionados por la actividad minera y/o deposición de residuos. Las alteraciones en el acuífero afectan a los pozos de agua potable y la fertilidad de cultivos.
- **Suelo:** Destrucción (erosión), consumo por remoción y contaminación de suelos causada por combustibles y demás sustancias químicas.
- **Aire:** Contaminación del aire por polvo y emisiones
- **Clima:** Efectos negativos sobre el clima de la región, causados por la deforestación y alteración de los patrones hidrológicos (Haberer, 2008).

1.2.3.2. Leyes, normas y reglamentos de ¿Qué es minería artesanal?

El art. 134 de la Ley de Minería considera como minería artesanal y de sustento a aquella “que se efectúa mediante trabajo individual, familiar o asociativo de quien realiza actividades mineras autorizadas por el Estado en la forma prevista en esta ley y su reglamento y que se caracteriza por la utilización de herramientas, máquinas simples y portátiles destinadas a la obtención de minerales cuya comercialización en general sólo permite cubrir las necesidades básicas de la persona o grupo familiar que las realiza y que no hayan requerido una inversión superior a las ciento cincuenta remuneraciones básicas unificadas. En caso de producirse la asociación de tres o más mineros artesanales su inversión será de trescientas remuneraciones básicas unificada”. Ley de minería del Ecuador.

1.3.– Tecnologías de remediación

El término tecnología de tratamiento implica cualquier operación unitaria o serie de operaciones unitarias que altera la composición de una sustancia peligrosa o contaminante a través de acciones químicas, físicas o biológicas de manera que reduzcan la toxicidad, movilidad o volumen del material contaminado. Las tecnologías de remediación representan una alternativa a la disposición en tierra de desechos peligrosos que no han sido tratados, y sus capacidades o posibilidades de éxito, bajo las condiciones específicas de un sitio, pueden variar ampliamente (EPA, 2001).

Existen tecnologías de remediación que son muy utilizadas en la actualidad en las que tiene como base tratamientos biológicos, térmicos y físico-químicos entre los que tenemos los siguientes:

1.3.1.- Biorremediación

El término biorremediación fue acuñado a principio de la década de los 80 y proviene del concepto remediación, que hace referencia a la aplicación de estrategias físico-químicas para evitar el daño y la contaminación en suelos. La biorremediación surge como una rama de la biotecnología que busca resolver los problemas de contaminación mediante el uso de los seres vivos (microorganismos y plantas) capaces de degradar o acumular compuestos que provocan desequilibrio en el medio ambiente, ya sea suelo, sedimento, fango o mar (ArgenBio, 2007). Básicamente, los procesos de biorremediación pueden ser de varios tipos.

- Degradación enzimática: este tipo de degradación consiste en el empleo de enzimas en el sitio contaminado con el fin de degradar las sustancias nocivas (PQB, 2003).
- Remediación microbiana: en este tipo de remediación se usan microorganismos directamente en el foco de la contaminación. Los microorganismos utilizados pueden ser los ya existentes en el sitio contaminado o pueden provenir de otros ecosistemas, en cuyo caso deben ser agregados o inoculados (Ortega et al, 2008).

1.3.2.- Fitorremediación

El concepto de usar plantas para limpiar suelos contaminados no es nuevo, desde hace 300 años las plantas fueron consideradas para el uso en el tratamiento de aguas residuales.

En Rusia en los años 70s se realizaron investigaciones utilizando plantas para recuperar suelos contaminados con radionucleótidos. Existen reportes sobre el empleo de plantas acuáticas en aguas contaminadas con plomo, cadmio, hierro y mercurio. La remediación de la acumulación de metales pesados en suelos utilizando plantas es también ampliamente reconocida (Ernst, 2000).

Es así que la fitorremediación consiste en el uso de plantas para recuperar suelos contaminados, es una tecnología in situ no destructiva y de bajo costo que está basada en la estimulación de microorganismos degradadores que se encargan de retener o reducir a niveles inofensivos de contaminantes ambientales a través de procesos que logran recuperar la matriz o estabilizar al contaminante. (Merkl et al, 2004).

Dentro de las técnicas de restauración de suelos afectados por la contaminación, la fitorremediación ha adquirido auge por ser un procedimiento pasivo, estéticamente

agradable y útil para remediar simultáneamente una gran variedad de contaminantes (Frick et al, 1999).

La fitorremediación aplicada a suelos contaminados con elementos o compuestos inorgánicos, incluye, básicamente tres mecanismos: la fitoextracción o fitoacumulación, la fitoestabilización y la fitovolatilización, básicamente, hay dos tipos de fitorremediación aplicables a los suelos contaminados por metales pesados:

La Fito estabilización: Que se basa en el uso de plantas tolerantes a los metales para inmovilizarlos.

La fitoextracción: Es la captación de iones metálicos por las raíces de la planta y su acumulación en tallos y hojas.

Las plantas denominadas fitorremediadoras, poseen como atributos ideales la capacidad de acumular los metales de interés, en la parte superior de la planta; son tolerantes a la concentración del metal acumulado, crecen rápido y generan elevada producción de biomasa (Ortega, *et. al*, 2008).

1.3.3. Criterios de selección de plantas para la fitorremediación

La eficiencia de remoción de contaminantes durante el proceso de fitorremediación dependerá principalmente de la especie de planta utilizada, el estado de crecimiento de las plantas, su estacionalidad y el tipo de metal a remover. Por lo mismo, para lograr buenos resultados, las plantas a utilizar deben tener las siguientes características:

- Ser tolerantes a altas concentraciones de metales.
- Ser acumuladoras de metales.
- Tener una rápida tasa de crecimiento y alta productividad.
- Ser especies locales, representativas de la comunidad natural.
- Ser fácilmente cosechables (López et al, 2004).

1.4. Plantas hiperacumuladoras de metales pesados

Según (Robinson et al, 2003). Si las plantas contienen más de 0.1% de Ni, Cu, Co, Cr, Cu y Pb o 1% del Zn en sus hojas sobre una base del peso seco, esta puede ser llamada una hiperacumuladora independientemente del metal en el suelo.

Las metalofitas son especies de plantas que han desarrollado los mecanismos fisiológicos para resistir, tolerar y sobrevivir en suelos con altos niveles de metales y, por ello son endémicas de suelos con afloramientos naturales de minerales metálicos (Shaw, 1990). A pesar de que estas plantas se conocían antes de los años de la década de 1970,

no llamaron la atención de la mayoría de los científicos hasta casi una década después. Desde entonces, ha emergido en torno a ese grupo de plantas un interés multidisciplinario, además de científico también económico (Shaw, 1990).

1.4.1. Proceso de transferencia de metales pesados suelo-planta

De acuerdo a (Maqueda, 2003) el proceso de acumulación de metales tienen en general los mismos mecanismos:

- Los iones alcanzan la zona de absorción de la raíz por difusión a través de la solución del suelo, son arrastrados por el movimiento del agua hacia la raíz o entran en contacto con la zona de absorción a medida que la raíz crece (Fernández y Maldonado, 2000). Los iones metálicos son movilizados por la secreción de agentes quelantes, proteínas que promueven la solubilidad del elemento o por la acidificación de la rizosfera.
- Las raíces capturan a los metales hidratados o a los complejos metal-quelantes y los internan al medio celular por medio de sistemas de transporte constituidos por canales iónicos y transportadores. Dichos sistemas de transporte son energizados por bombas de protones secundarias, dentro de las células los metales son quelatados principalmente por ácidos orgánicos, ionóforos o fitoquelatinas, la vacuola o proteínas especializadas como la ferritina o las metalotioneínas constituyen siempre un almacén importante de metales.
- Los metales se transportan a la parte aérea vía el xilema ya sea como iones hidratados o principalmente como complejos con histidina o ácido cítrico, entre otros.
- Después de penetrar al apoplasto foliar, los metales se distribuyen dentro de las células, manteniendo en cada organelo las concentraciones dentro de rangos fisiológicos específicos. El exceso de metales esenciales y no esenciales se almacenan en la vacuola (Ortega, 2006).

CAPITULO II
MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1 Determinación de diversidad de la zona de Chinapintza.

Para la ejecución del proyecto se llevó a cabo en primera instancia un reconocimiento de la zona de estudio para posteriormente determinar los tres sectores a muestrear que se detallan a continuación:

Zona intervenida: Esta zona representa el estadio 1, en la que según los pobladores supieron manifestar las actividades de explotación minera estaban suspendidas hace aproximadamente dos meses.

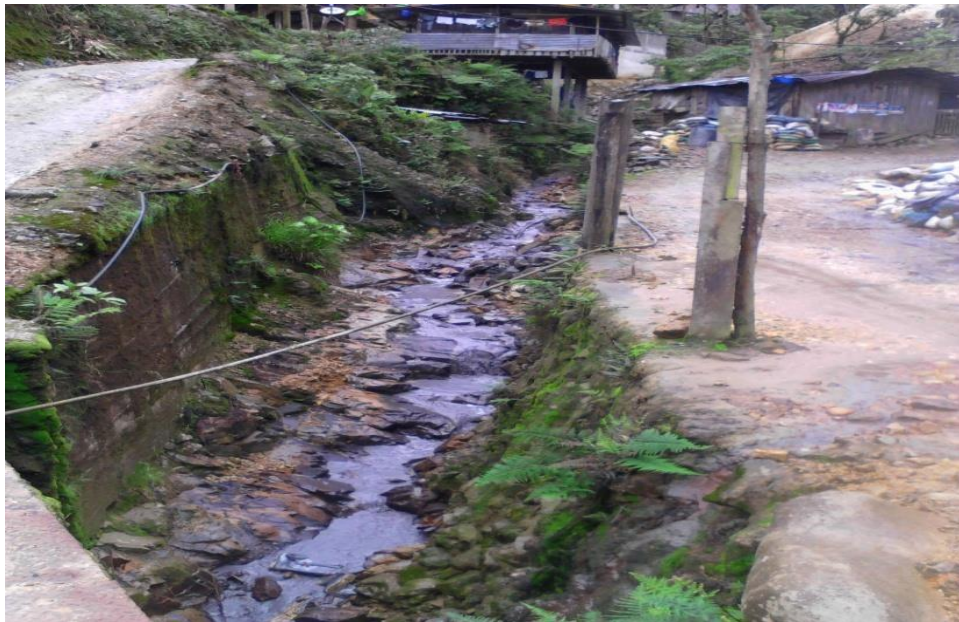


Imagen 2: Zona intervenida. (21/01/2014)
Fuente: La autora.

Zona en recuperación: En esta zona que representa el estadio 2, en la que ya no se realiza actividad minera hace mucho tiempo y por lo tanto se está poco a poco regenerando la flora.



Imagen 3: Zona en recuperación (21/01/2014)
Fuente: La autora.

Zona natural: Esta zona constituye el estadio 3 que está representada por el bosque en donde existe mayor cantidad de flora debido a que nunca ha sido explotada.



Imagen 4: Zona natural. (21/01/2014).
Fuente: La autora.

Para determinar la diversidad de especies presentes en cada zona de estudio se instaló un transecto de 50x2 en cada zona de estudio (intervenida, de recuperación y natural), siguiendo la metodología establecida por (Cerón, 2005).

Una vez establecidos los transectos se procedió a tomar una muestra de las especies representativas de cada zona estas fueron etiquetadas con sus respectivos datos, colocadas en fundas ziploc selladas para evitar que se deterioren en su traslado, luego de esto se procedió a la identificación taxonómica por parte del Sr. Bolívar Merino curador del Herbario Reinaldo Espinoza.

Los análisis estadísticos que se aplicaron para determinar la diversidad florística en las diferentes zonas de estudio son: índice de Shannon Wiener, Simpson, Margalef y para analizar la similitud que existe entre las tres zonas se usó el índice de similitud de Sorensen, según (Mostacedo, 2000).

2.2. Análisis de metales pesados

Para el análisis de metales pesados se utilizaron las plantas con mayor densidad poblacional, se eligieron 8 especies representativas en cada zona de estudio (intervenida, de recuperación y natural), se decidió tomar ese número de muestras debido a que en la zona intervenida que es la más afectada existía ese número de especies que estaba sobre el promedio del resto de especies, para las demás zonas se tomó el mismo número de muestras para poder realizar una comparación, en total se analizaron 24 muestras.

En las muestras recolectadas se aplicó el método de espectrofotometría de absorción atómica, según (AOAC 991.25), para determinar la cantidad de metales que contenía cada especie los metales analizados fueron: plomo, arsénico, cobre, cadmio y mercurio, que según (Dos santos, 2006). Son los han causado un mayor impacto ambiental en el Ecuador.

2.2.1 Procedimiento de determinación de metales pesados en material vegetal.

El procedimiento para la determinación de metales pesados está basado en la Norma AOAC, 991,25 que es aplicada a todo tipo de alimentos y por lo tanto se usa en muestras vegetales, el mismo que se detalla a continuación.

Procedimiento

1. Pesar 5 gramos de muestra en una cápsula.
2. Carbonizar la muestra en un reverbero aproximadamente por 30 minutos (hasta que dejen de salir humos blancos).
3. Llevar a la mufla a una temperatura de 500 - 550 °C durante 3 horas, hasta obtener cenizas.

4. Enfriar en un desecador por 30 minutos.
5. Adicionar 30 ml de solución de ácido clorhídrico relación 1:1.
6. Enfriar.
7. Aforar en un balón de 100 ml con agua destilada.
8. Una vez aforado el balón, tomar 1 ml y llevarlo a un balón de 100 ml y aforar con agua destilada.
9. Proceder a la lectura de metales en el equipo de absorción atómica.
10. Para la lectura de los diferentes metales se usaron estándares de acuerdo al metal: en **As** los estándares fueron de 25-50-100, **Cd**: 0.05-0.25-0.5, **Pb**: 0.5-1-2, **Fe**: 1-1.5-2, **Cu**: 0.4-0.8-1.2, **Hg**: 1.

Notas:

En los casos que las concentraciones de la muestra para cada uno de los metales analizados fueron elevadas, se realizó factores de solución aplicando la fórmula que a continuación se detalla:

Cálculos

$C_c = 1000 \text{ ml}$

$X = 100 \text{ ml}$

$X = 1 \text{ ml}$

$X_1 = 100 \text{ ml}$

$X_1 = W_m$

$X_2 = 1000 \text{ gr.}$

Dónde: C_c = concentración

W_m = peso de muestra

$$C_f = \frac{C_c * A_{foro} * F_d}{W_m}$$

A todas las muestras se les realizó el mismo procedimiento citado anteriormente, los métodos varían de acuerdo al metal, al arsénico se le hizo el método de Furnace o de horno, al mercurio se lo trató con el método de argón, y al hierro, cobre, cadmio y plomo se aplicó el método de llama, todos con el espectro de absorción atómica.

CAPITULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Especies obtenidas

Luego de la recolección de las especies en cada zona de estudio se obtuvieron los datos que se detallan en la tabla 1 en donde se presenta los valores de densidad y densidad relativa de las zonas (intervenida, recuperación y natural), los mismos que fueron usados posteriormente para la determinación de los índices de diversidad mencionados anteriormente.

Tabla 1: Especies de las zonas intervenidas, recuperación y natural (Sector Chinapintza)

ZONA INTERVENIDA					
Familia	Género	Especie	Número de individuos	Densidad	Densidad Relativa
Melastomataceae	<i>Miconia</i>	Sp	18	0,18	16,51
Poaceae	<i>Calamagrotis</i>	Sp	8	0,08	7,34
Asteraceae	<i>Lianum</i>	Sp	12	0,12	11,01
Pteridaceae	<i>Pytirogramma</i>	Sp	20	0,2	19,23
Araceae	<i>Philodemdrum</i>	Sp	10	0,1	9,17
Asteraceae	<i>Eratopolymnoides</i>	Sp	7	0,07	6,42
Campanulaceae	<i>Centropogon</i>	Sp	11	0,11	10,09
Zingiberaceae	<i>Hedychium</i>	<i>Coronarium</i>	4	0,04	3,67
Melastomataceae	<i>Miconia</i>	<i>Tripanervis</i>	4	0,04	3,67
Melastomataceae	<i>Tibouchina</i>	<i>Lepidota</i>	10	0,1	9,17
ZONA DE RECUPERACIÓN					
Melastomataceae	<i>Miconia</i>	<i>Tripanervis</i>	22	0,22	10,43
Poaceae	<i>Calamagrotis</i>	Sp	7	0,07	3,32
Asteraceae	<i>Lianum</i>	Sp	15	0,15	7,11
Pteridaceae	<i>Pytirogramma</i>	Sp	30	0,3	14,22
Araceae	<i>Philodemdrum</i>	Sp	15	0,15	7,11
Melastomataceae	<i>Tibouchina</i>	<i>Lepidota</i>	14	0,14	6,64
Campanulaceae	<i>Centropogon</i>	Sp	8	0,08	3,79
Cyllanthaceae	<i>Sphaerandenia</i>	<i>Lauchena</i>	15	0,15	7,11
Poaceae	<i>Liaxis</i>	Sp	25	0,25	11,85
Melastomataceae	<i>Miconia</i>	Sp	33	0,33	15,64
Cyllanthaceae	<i>Cyathea</i>	Sp	27	0,27	12,80
ZONA NATURAL					
Lycopodiaceae	<i>Lycopodium</i>	<i>Claratum</i>	45	0,45	27,27
Melastomataceae	<i>Miconia</i>	Sp	16	0,16	10,74
Cyllanthaceae	<i>Sphaerandia</i>	<i>Lauchena</i>	7	0,07	4,70
Ericaceae	<i>Disterigma</i>	<i>Microphyllum</i>	13	0,13	8,72
Araceae	<i>Philodemdrum</i>	Sp	25	0,25	16,78
Poaceae	<i>Axonopus</i>	Sp	10	0,1	13,42
Cyatheaceae	<i>Cinemidaria</i>	Sp	20	0,2	13,42
Ericaceae	<i>Spyrospenum</i>	Sp	8	0,08	5,37
Pteridaceae	<i>Pytirogramma</i>	Sp	2	0,02	1,34
Poaceae	<i>Calamagrotis</i>	Sp	1	0,01	0,67
Asteraceae	<i>Eratopolymnoides</i>	Sp	5	0,05	3,36

Campanulaceae	<i>Centropogon</i>	<i>Sp</i>	4	0,04	1,34
Zingiberaceae	<i>Hedychium</i>	<i>Coronarium</i>	2	0,02	1,34
Melastomataceae	<i>Miconia</i>	<i>Tripanervis</i>	1	0,01	0,67
Melastomataceae	<i>Tibouchina</i>	<i>Lepidota</i>	3	0,03	2,01
Poaceae	<i>Liacis</i>	<i>Sp</i>	2	0,02	1,34
Asteraceae	<i>Lianum</i>	<i>Sp</i>	1	0,01	0,67

Fuente: La autora.

En la tabla 1 que corresponde a la zona intervenida, la familia con mayor diversidad fue la Melastomataceae con 3 especies. *Miconia sp*, *Miconia tripanervis*, *tibouchina lepidota*, seguida de las Asteraceae con dos especies *Lianum sp*, *Eratopolymnoides*, en cuanto a densidad la especie con mayor abundancia fue la *Pytirogramma sp*.

En cuanto a la zona de recuperación, las familias más representativas son las Melastomataceae con tres especies la *Miconia tripanervis*, *Miconia sp*, *Tobouchina lepidota*, seguida de las Poaceas con dos especies, *Calamagrotis sp* y *Liacis sp*, en cuanto a densidad las especie más representativa es la *Miconia sp*.

En la zona natural, las familias con mayor diversidad son las Poaceae, *Axonius sp*, *calamagrotis sp*, *liacis sp*, y las Melastomatceae, *Miconia sp*, *Miconia tripanervis*, seguida de las Ericaceae y las Asteraceae con dos especies, en cuanto a densidad la especie más representativa es la *Lycopodium claratum*.

3.2. Diversidad de especies

En este estudio se usó los índices de Margalef, Shannon y Simpson, los mismos que son los adecuados para determinar la diversidad de las zonas, en la tabla 4 se detallan los resultados de cada índice, así como también la riqueza específica que es el número de especies existentes en cada zona.

Tabla 2: Índices de diversidad de las zonas

Zona Intervenida		Zona en recuperación		Zona natural	
Riqueza específica		Riqueza específica		Riqueza específica	
S =	10	S =	11	S =	17
Índice de Margalef		Índice de Margalef		Índice de Margalef	
Dmg	4,47	Dmg	4,31	Dmg	7,23
Índice de Shannon		Índice de Shannon		Índice de Shannon	
H =	2,1873	H =	2,2999	H =	2,2955
Índice de Simpson		Índice de Simpson		Índice de Simpson	
D =	0,1233	D =	0,1080	D =	0,1378

Fuente: La autora.

Los resultados obtenidos en la tabla 2, el índice de Margalef aplicado en este estudio, nos demuestra que la zona intervenida y la zona de recuperación poseen una diversidad media con valores de **4,47** y **4,31** respectivamente, siendo la zona natural considerada como una zona de alta biodiversidad con un valor de **7,23**, esto se puede afirmar ya

que según Margalef citado por (Orellana, 2009) los valores inferiores a 2,0 son considerados como de baja biodiversidad, y los valores superiores a 5,0 se consideran de alta biodiversidad.

El índice de Shannon aplicado para comparar las tres zonas de estudio, se logró determinar que la zona de mayor diversidad es la zona natural esto se debe a que esta zona no está contaminada y además no ha sido explotada para labores mineras por lo que no ha necesitado regenerarse.

En cuanto al índice de Simpson, los valores analizados nos demuestran que la zona con mayor diversidad es la natural con un valor de **0,1378**.

Luego de observar los resultados de cada uno de los índices se puede afirmar que como se preveía la zona con mayor diversidad florística es la natural, esto se debe principalmente a que esta zona no ha sido explotada y está alejada de la contaminación en comparación con las zonas intervenida y de recuperación que estuvieron expuestas a estos daños por labores de minería que afectan directamente a la diversidad florística, según (Haberer, 2008) la actividad minera provoca daños como: destrucción o reducción de las especies vegetales, evitando que las zonas afectadas tengan un gran diversidad.

3.3. Similitud de las especies.

Para la obtención de estos datos se necesitaba conocer el número de especies que existen entre las diferentes zonas de estudio y el número total de especies en común entre las zonas comparadas, luego del análisis se obtuvieron los siguientes datos.

Tabla 3: Índice de similitud

Zonas	Especies por zona	Comparación de zonas	Especies compartidas	Índice de SS.
Zona 1	10	Z: 1, 2	5	0,43
Zona 2	11	Z: 2, 3	8	0,57
Zona 3	17	Z: 1;3	9	0,66

Fuente: La autora.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 3, una vez aplicado el índice de Sorensen en cada zona se realizó en primera instancia una comparación entre las zonas intervenida y de recuperación en donde el índice de similitud es de **0,4** lo que nos demuestra que estas zonas que no son similares.

Luego se comparó las zonas de recuperación y natural el resultado del índice de Sorensen entre estas dos zonas fue de **0,5** esto nos demuestra que estas zonas son medianamente similares.

Finalmente se realizó la comparación entre las zonas intervenida y natural en la que el índice de similitud entre estas dos zonas fue de **0,6** lo que nos demuestra que estas zonas son medianamente similares, pudiendo observar que las especies pioneras del sector

como son las Melastomataceas, las Asteráceas y las Poaceas se han podido regenerar en las zonas explotadas a pesar de la contaminación a la que han sido expuestas.

3.4. Análisis de metales pesados.

Para el análisis de los resultados de metales pesados en este estudio se tomó como referencia varios límites máximos permisibles de acuerdo al metal analizado, debido a que no existen aún los LMP en especies vegetales.

En lo que respecta a plomo, arsénico y mercurio se comparó con los valores establecidos para suelos según (Padilla et al, 2009).

Para contaminación por cobre y cadmio se hizo una comparación con los valores establecidos de metales pesados en vegetales de Chinese Food and Health National (Hu, et, al 2012), y para los LMP de hierro se la comparó con bebidas energéticas según la legislación de Suiza. (Díaz, 2014).

Finalmente también se realiza una comparación de todos los metales con los valores máximos para hortalizas y hierbas frescas, de acuerdo a lo establecido por la Unión Europea del 2014.

Tabla 4: Zona intervenida: Metales pesados en ppm.

Familia, Género, Especie	Cu	Cd	Fe	Hg	Pb	As
Melastomataceae <i>Miconia sp</i>	2,91	<0,97	126,21	0,004	0,030	3,44
Poaceae <i>Calamagrotis sp</i>	3,72	<1,01	833,06	0,006	0,043	3,22
Asteraceae <i>Lianum Sp</i>	5,75	6,30	413,86	0,003	0,047	1,66
Pteridaceae <i>Pytirogramma sp</i>	5.56	<0,49	980	0,0097	0,043	7,60
Araceae <i>Philodemdrum sp</i>	7,16	0.40	104,84	0,0019	0,056	4,55
Asteraceae <i>Eratopolymnoides sp</i>	7,77	2,44	222,92	0,0028	0,054	7,20
Campanulaceae <i>Centropogon sp</i>	2,49	0,88	145,04	0,019	0,044	1,62
Zingiberaceae <i>Hedychium coronarium</i>	1,40	0,28	144,76	0,016	0,045	1,36
Límites máximos permisibles (según Padilla 2009 y Díaz 2014)	10	0,05	25	0,2	50	6
Límites máximos permisibles (según la UE 2014)	10	0,05	20	0,02	0,3	0,2

Fuente: La autora.

Según la tabla 4, en el análisis de absorción de metales en plantas de la zona intervenida se determinó que las especies con mayor acumulación de metales son: *Eratopolymnoides*

sp, con 7,77 ppm de cobre, *Lianum sp*, con 6,30 de cadmio, *Pytirogramma sp* con 980 ppm de hierro y 7,60 ppm de arsénico, *Centropogon sp*, con 0,019 ppm de mercurio, finalmente la *Philodemdrum sp* con 0,056 ppm de plomo.

En este estudio encontramos que las especies *Lianum sp* (6,30ppm) y *Eratopolymnoides* (2,44 ppm) acumularon una cantidad superior de cadmio, superando los niveles máximos permisibles, pues según la unión Europea y la Chinese Food and Health National, los niveles permisibles son de 0,05. Estos resultados corroboran lo que Marrero *et al* (2012) afirma acerca de la familia asteráceas que de acuerdo a este autor son plantas hiperacumuladoras de metales pesados siendo capaces de acumular hasta 100 veces más de los límites normales.

En cuanto a los demás metales analizados se observa que las especies poseen niveles inferiores a los límites máximos permisibles, siendo el cobre y el arsénico los metales que mayormente han sido acumulados por las especies *Eratopolymnoides sp* y la *Philodemdrum sp* con un valor de **7,16 ppm y 7,77 ppm** respectivamente en cuanto a cobre. En lo que respecta al arsénico la *Pytirogramma sp* y la *Eratopolymnoides sp*, los resultados muestran que acumulan un **7,60 ppm y 7,20 ppm** respectivamente. Cabe señalar que los niveles máximos permisibles de cobre y arsénico son de 10 ppm y 6 ppm.

Tabla 5: Zona en recuperación: Metales pesados en ppm.

Familia, Género Especie	Cu	Cd	Fe	Hg	Pb	As
Melastomataceae <i>Miconia sp</i>	1,62	0,42	135,56	0,023	0,044	4,12
Melastomataceae <i>Miconia tripanervis</i>	1,70	0,52	135,68	0,011	0,041	1,53
Araceae <i>Philodemdrum sp</i>	1,12	0,58	147,52	0,012	0,042	1,050
Poaceae <i>Liacis sp</i>	1,50	0,54	182,46	0,0029	0,045	1,108
Melastomataceae <i>Tobouchina lepidota</i>	1,89	0,54	160,50	0,0038	0,046	0,93
Cyatheaceae <i>Cyathea sp</i>	7,69	0,49	176,60	0,0065	0,053	1,76
Cyllanthaceae <i>Sphaerandia lauchena</i>	0,49	0,65	135,29	0,0084	0,038	0,059
Pteridaceae <i>Pityrogramma sp</i>	0,81	0,025	107,79	0,001	0,039	0,156
Límites máximos permisibles (según Padilla 2009 y Díaz 2014)	10	0,05	25	0,2	50	6
Límites máximos permisibles (según la UE 2014)	10	0,05	20	0,02	0,3	0,2

Fuente: La autora

De acuerdo a los datos de la tabla 5, que representan los resultados obtenidos luego del análisis de las especies recolectadas en la zona en recuperación podemos observar que todas poseen un nivel bajo de acumulación de todos los metales a excepción del arsénico, esto se debe a que en esta zona hace mucho tiempo ya no se realizan actividades mineras y por ende ha disminuido la contaminación de los suelos y las aguas en este sitio dando paso a la regeneración de varias especies pioneras.

En cuanto al arsénico que es el metal que mayormente ha sido absorbido en esta zona por la *Miconia sp*, familia Melastomataceae esto se debe a que según lo que nos mencionan Crecelius et al., (1974) citado por Carbonel, B.(1995), las plantas pueden acumular arsénico a causa de la contaminación en el entorno de los sitios de fundición y tratamiento de minerales como el cobre y oro, por otra parte los minerales auríferos también contienen altas concentraciones de arsénico lo que desemboca en problemas de polución cerca de las minas de oro y por ende afecta a las especies vegetales que ahí se encuentran.

En esta zona se determinó que las especies con mayor acumulación de metales son: *Cyathea sp* 7, 69 ppm de cobre, 0,053 de Plomo y 1,76 de arsénico, *Sphaerandia lauchena* con 0,65 de cadmio, *Liacis sp* con 182,46 ppm de hierro, *Miconia sp* con 0,023 ppm de mercurio.

Tabla 6: Zona natural: Metales pesados en ppm.

Familia, Género Especie	Cu	Cd	Fe	Hg	Pb	As
Lycopodiaceae <i>Lycopodium claratum</i>	1,91	0,04	336,40	0,01	0,04	0,2
Melastomataceae <i>Miconia sp</i>	1,99	<0,03	206,31	0,007	0,04	0,1
Cyrtanthaceae <i>Sphaerandia lauchena</i>	2,71	0,05	206,33	0,009	0,04	<0,009
Ericaceae <i>Disterigma Microprohylum</i>	4,54	0,03	223,98	0,001	0,04	0,1
Araceae <i>Philodendrum sp</i>	0,38	0,05	209,58	0,001	0,04	<0,4
Poaceae <i>Axonopus</i>	4,54	0,03	211,56	0,001	0,04	<0,2
Cyatheaceae <i>Cinamidaria sp</i>	0,27	0,02	208,07	0,001	0,04	0,1
Ericaceae <i>Spyrospernum sp</i>	0,59	0,03	213,66	0,009	0,04	0,4
Límites máximos permisibles (según Padilla 2009 y Díaz 2014)	10	0,05	25	0,2	50	6
Límites máximos permisibles (según la UE 2014)	10	0,05	20	0,02	0,3	0,2

Fuente: La autora

Según la tabla 6, en el análisis de absorción de metales en plantas de la zona natural se determina que las especies, tienen un valor de acumulación mínimo en comparación a los límites máximos permisibles, esto se debe a que la zona estudiada está totalmente alejada de la contaminación que se produce al momento de la explotación minera y además no ha sido usada anteriormente en esta actividad.

En lo que respecta al hierro en las tres zonas analizadas se puede observar que los valores están sobre los LMP que es de 25 ppm pero hay que tener en cuenta que estos están basados en el contenido de bebidas energéticas de la legislación de Suiza (Díaz, 2014).

CONCLUSIONES

- Luego de realizado el trabajo se puede concluir que en cuanto biodiversidad la zona que posee un mayor número de especímenes es la zona natural.
- Las familias más representativas en las tres zonas de estudio son las Melastomataceas, Asteráceas y las Poaceas.
- En lo que respecta al análisis de metales pesados se puede concluir que las especies encontradas en la zona intervenida tienen una mayor concentración de metales en comparación con la zona en recuperación y natural.
- Las especies que mayormente acumulan metales pesados son las Melastomataceas (*Miconia sp*), Asteráceas, (*Lianum* y *Eratopolymnoides*) Aráceas (*Philodemdrum sp*).
- Los metales que mayormente se acumulan en las especies analizadas son el cobre, arsénico y cadmio.

RECOMENDACIONES

- Realizar las actividades mineras considerando las leyes ambientales para evitar la contaminación de suelos, flora y agua en estas zonas.
- Realizar una reforestación de las especies pioneras de esta zona con la finalidad de conservar la biodiversidad existente en la zona minera Chinapintza.
- Realizar un seguimiento de las especies que absorben en mayor cantidad metales pesados con el fin de aplicar en lo posterior algún método de biorremediación de suelos en esta zona.

BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE L. 2006 Situación de la minería en el Ecuador. Universidad Central del Ecuador Quito-Ecuador. **(En línea) Consultado el 10 de octubre 2013 Disponible en:** <http://www2.udec.cl/alfatl/alfateclimin/documentos/Aguirre.pdf>.
- BAKER AJM & RR BROOKS. 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements: A review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery* 1: 81-108. Citado por: GONZALES, I. et. al (2008).
- CERÓN, C. 2005. *Manual de Botánica. Sistema etnobotánico y Métodos de estudio en el Ecuador*.x. Quito-Ecuador. Herbario Quito-Ecuador.
- COSTA M. 2009. Proceso de tratamiento para la recuperación de oro en el asentamiento minero artesanal de Misky, Perú. (En línea) Consultado el 30 de septiembre 29014. Disponible en: http://www.sedpgym.es/descargas/libros_actas/UTRILLAS_2009/20.UTRILLAS.pdf
- CHAO, A. CHAZDON, R. COLWELL, R. & SHEN, TSUNG-JEN. 2005. Un Nuevo método estadístico para la evaluación de la similitud en la composición de especies con datos de incidencia y abundancia. *Ecology letters*, vol 4. *Disponible en:* <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/EstimateSPages/EstSIndice>.
- Ernst, W.H.O. 2000. Evolution of metal hyperaccumulation and phytoremediation *New Phytol* 146,357.
- FRICK, C.M., R.E. FARREELL Y J.J.GERMIDA. 1999. Assessment of Phytoremediation as an situ Technique for Cleaning oil-contamunated sites. Petroleum technology alliance of Canada Vancouver, British Columbia.
- GINOCCHIO R. G CARVALLO, I TORO, E BUSTAMANTE, Y SILVA & N SEPÚLVEDA. 2004. Micro-spatial variation of soil metal pollution and plant recruitment near a copper smelter in central Chile. *Contaminación ambiental* 127: 343-352. Citado por: GONZALES, I. et. al (2008).
- GÓMEZ, A. VILLALBA, A. ACOSTA, G. CASTAÑEDA, M. KAMP, D. Metales pesados en el agua superficial del río san pedro durante 1997 y 1999 (En línea) **Consultado el 10 de octubre 2013**. Disponible en: <http://revistas.unam.mx/index.php/rica/article/view/23124>.
- GONZALES, I. MUENA, V. CISTERNAS M. & NEAMAN A. 2008. Copper accumulation in a plant community affected by mining contamination in Puchuncaví valley, central Chile. Santiago de Chile-Chile (En línea) **Consultado el 10 de octubre 2013** Disponible en: [Disponible en: ttp://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716078X2008000200010&script=sci_arttext&tlng=e](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716078X2008000200010&script=sci_arttext&tlng=e)

- GIUFFRÉ, S RATTO, L MARBÁN, J SCHONWAL 2005 - SCIELO ARGENTINA Riesgo por metales pesados en horticultura urbana (En línea) **Consultado el 10 de octubre 2013.** Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672005000100012>.
- GUERRERO, F. 2014. Comportamiento geo ambiental con datos mineralógicos y análisis de metales de la zona minera “La Herradura”, área minera Chinapintza provincia de Zamora Chinchipe-Ecuador.
- LOZANO, J. 2006. Evaluación de la factibilidad técnica, social y económica para la implementación de un plan de manejo ambiental en el asimiento minero Chinapintza, provincia de Zamora Chinchipe- Ecuador.
- MARRERO, ET AL. 2012 Fitorremediación, una tecnología que involucra plantas y microorganismos en el saneamiento ambiental. **(En línea) Consultado el 8 de septiembre de 2014 Disponible en:** Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=22312498800>
- MEC GARCÍA, AA MEDINA, VM CÂMARA, DG RAMÍREZ. 2001. Metales pesados **(En línea) Consultado el 10 de octubre 2013. Disponible en:** <http://bvs.per.paho.org/bvsea/e/fulltext/epidemiolo/024977-05.pdf>.
- MERKL, N.R, SCHULTZE-KRAFT Y C. INFANTE. 2004 Phytoremediation of Petroleum Contaminated Soils in the Tropics-Pre selection of Plant Species from Eastern Venezuela Journal of Applied Botany and Food Quality 78 (3): 185-192.
- ORTIZ, N. 2008. Parcela agroecológica (parte II) Coordinador de FUNDACETA. (en línea)Táchira-Venezuela. Consultado el 18 de julio de 2010. Disponible en: www.funtha.gov.ve/doc_pub/doc_243.pdf.
- PADILLA, J. RAMÍREZ, E. BARRA, R. & BARRETO, J. 2009. Niveles de concentración de metales pesados en especies vegetales emergentes en el pasivo minero ambiental de Ticapampa, Catac. Huaraz, Perú. (En línea). Consultado el 02 de diciembre de 2013. Recuperado de: <http://revistas.concytec.gob.pe/pdf/as/v2n1/a02v2n1.pdf>
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente); OMM (Organización Meteorológica Mundial). 2003. Cambio climático 2001: Informe de síntesis, Grupo Internacional de expertos y cambio climático. 207p.
- POLLARD JA, KD POWELL, FA HARPER & JAC SMITH. 2002. The genetic basis of metal hyperaccumulation in plants. Critical Reviews in Plant Sciences 21: 539-566. Citado por: GONZALES, I. et. al (2008).
- ROBINSON B.H, LOMBI E, ZHAO FJ AND MCGRATH S.P. 2003. Uptake and distribution of nikel and other metals in the hyperaccumulator Bekheya Coddii.New Phytologist. 158,279-285.
- SHAW, A. 1990. Heavy metal tolerance in plants: evolutionary aspects. CRC Pres, Boca

Raton Florida, United States of America.

SANDOVAL, F. 2001. Pequeña minería en Ecuador. International Institute for Environmental and Development. (En línea) Quito-Ecuador. **Consultado el 10 de octubre 2013**
Disponible en: <http://pubs.iied.org/pdfs/G00721.pdf>.

SELINUS, O. FINKELMAN, RB. & CENTENO JA. 2001. [medicalgeology.org](http://www.medicalgeology.org) (En línea)
Consultado el 10 de octubre 2013. Disponible en: <http://www.medicalgeology.org/pages/members/publications/Popular%20science/Geologia%20Medica%20Finkelman%20et%20al.pdf>

SIERRA, R. (ed.). 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRG y EcoCiencia, Quito. 194 p.