

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

DATOS INFORMATIVOS

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Interdisciplinario

Título del proyecto: **EFFECTO SOBRE EL AMBIENTE DE LA PROHIBICION DEL USO DE MERCURIO EN MINERIA Y RIESGOS TOXICOLOGICOS ASOCIADOS AL MERCURIO Y OTROS METALES PESADOS**

Investigación básica Investigación aplicada Investigación pedagógica Innovación

DEPARTAMENTO(S):

1. Ingeniería Geológica
2. Ciencia de Alimentos y Bioetnología (DECAB)
3. Petróleos
4. Metalurgia Extractiva (DEMEX)
5. Instituto de Ciencias Biológicas

LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN (verificable en el SAEW):

1. Riesgos geológicos y ambientales (Departamento de Ingeniería Geológica).
2. Hidrogeoquímica y Contaminantes (Departamento de Ingeniería Geológica)
3. Toxicidad de Alimentos (320611) (DECAB)
4. Medioambiente y Sostenibilidad (Departamento de Petróleos)
5. Impacto de Efluentes en Aguas y Suelos - (DEMEX).
6. Estudio de suelos y sedimentos - (DEMEX).

Resumen de información del director y colaboradores del proyecto		
<u>Director</u>		
Apellidos y nombres	Departamento	Título de mayor nivel (Ing., M.Sc., Ph.D)
Jiménez Alvaro Eliana Fernanda	Ingeniería Geológica	M.Sc.
<u>Colaborador(es)</u>		
Apellidos y nombres	Departamento	Título de mayor nivel Ing., M.Sc., Ph.D)
Ruales Nájera Jenny/	DECAB	Ph.D.
Rivera Parra José Luis /	Petróleos	Ph.D.
Bernal Carrera Isabel Carolina /	Ingeniería Geológica	Ph.D.
Díaz Reinoso Ximena /	DEMEX	Ph.D.
Carvajal Vladimir /	Instituto de Ciencias Biológicas	Lcdo. en Biología y Química
Barriga Salazar Ramiro /	Instituto de Ciencias Biológicas	Doctor en Biología (tercer nivel)

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica Investigación Aplicada Investigación Pedagógica Innovación

DEPARTAMENTO(S):

1. Departamento de Ingeniería Geológica
2. Departamento de Metalurgia Extractiva
3. Departamentos de Petróleos
4. Departamento de Ciencia de los Alimentos y Biotecnología
5. Instituto de Ciencias Biológicas.

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Hidrogeoquímica y Contaminantes (Estudio geoquímico de aguas superficiales y contaminaciones posibles) - (Departamento de Ingeniería Geológica).
2. Riesgos geológicos y ambientales (Manejo de riesgos ambientales desde una visión geológica) - (Departamento de Ingeniería Geológica).
3. Impacto de Efluentes en aguas y suelos (Estudio de impacto de efluentes industriales en suelos, aguas superficiales, subterráneas. Tratamiento de efluentes) - (Departamento de Metalurgia Extractiva).
4. Estudio de suelos y sedimentos (Estudio de las propiedades fisicoquímicas y mineralógicas de suelos y sedimentos para evaluar su influencia en el ambiente) - (Departamento de Metalurgia Extractiva).
5. Medioambiente y sostenibilidad - (Departamento de Ingeniería en Petróleos).
6. Toxicidad de Alimentos - (Departamento de Ciencias de Alimentos y Biotecnología)

1 Proyecto de Investigación

Título: EFECTO SOBRE EL AMBIENTE DE LA PROHIBICION DEL USO DE MERCURIO EN MINERIA Y RIESGOS TOXICOLOGICOS ASOCIADOS AL MERCURIO Y OTROS METALES PESADOS



Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

Actividades industriales de alto impacto, como minería, pueden cambiar la composición química del agua y suelos de sus zonas de influencia. Estos elementos al entrar en el ecosistema, ingresan al flujo de elementos y energía del mismo, lo que podría ocasionar que animales como peces y crustáceos los acumulen en sus tejidos.

Entender este proceso es importante cuando comunidades dependen de la pesca y consumo de esas aguas.

Los objetivos de esta investigación son: 1) determinar la presencia de mercurio y otros metales pesados en agua y sedimentos de tres distritos mineros (Ponce Enríquez, Portovelo-Zaruma y Nambija); 2) determinar la bioacumulación de estos metales en bioindicadores como peces y crustáceos, representativos de la cadena trófica; 3) determinar la bioacumulación en habitantes de las zonas.

El proyecto incluirá monitoreo bianual por un total de 3 años. Se muestrearán peces y crustáceos con técnicas adecuadas para cada taxón. En el caso de las personas, se tomará muestras de pelo y uñas de los pies. Estas muestras serán analizadas usando ICP-MS. Los resultados serán analizados usando modelos lineales generalizados.

Como productos de esta investigación se tendrán en curso una tesis de Doctorado, al menos un proyecto de titulación y 2 artículos científicos indexados.

Palabras clave (4-6):

Bioacumulación, riesgos ambientales, mercurio, metales pesados.

2 **Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación**



2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

- Analizar la presencia y flujo en la cadena trófica (incluyendo los seres humanos) de metales pesados en distritos mineros del sur del Ecuador

2.1.2 Objetivos Específicos

- a. Evaluar la presencia y concentración de mercurio y otros metales pesados en agua y sedimentos de tres distritos mineros (Ponce Enríquez, Portovelo-Zaruma y Nambija) del sur del Ecuador
- b. Evaluar la bioacumulación de estos metales en bioindicadores como peces y crustáceos, representativos de la cadena trófica.
- c. Evaluar los niveles de Hg y metales pesados en alimentos que consume la población de los sitios de estudio
- d. Evaluar el riesgo de toxicidad a la exposición de mercurio.

2.2 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

Objetivo a:

- Mapa de distribución de contaminantes en aguas y sedimentos en los tres distritos muestreados.
- Comparación con límites permisibles.
- Análisis de los efectos en aguas y sedimentos, por el cambio de la legislación en cuanto al uso de mercurio.
- Determinar el origen de los metales pesados detectados en aguas y sedimentos

Objetivo b.

- Mapeo del flujo de metales pesados a lo largo de la cadena trófica, considerando diferencia entre consumidores primarios y secundarios
- Concentración de metales pesados en peces y alimentos usados por los seres humanos para determinar riesgos para la población local.
- Correlacionar la contaminación detectada en aguas, peces y alimentos con el origen de los metales pesados.

Objetivo c.

- Establecer la relación de los habitantes locales con su mediambiente para evaluar la exposición a contaminación.
- Análisis de correlación entre las concentraciones de metales pesados en aguas, peces y alimentos con los seres humanos que los consumen.

Objetivo d.

- Estimar el riesgo de los habitantes de la zona en estudio a la exposición de mercurio

3

Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación



El Ecuador está entrando en una fase de explotación minera a mediana y gran escala. Entender las implicaciones de estas actividades en el mundo natural y cómo la interacción entre las poblaciones locales y su medioambiente puede poner en riesgo a los habitantes de la zona, es fundamental para que la minería sea una actividad sostenible.

El Art. 17 de Ley Orgánica Reformatoria a la Ley de Minería, a la Ley Reformatoria para la Equidad Tributaria en el Ecuador y a la Ley Orgánica de Régimen Tributario Interno, de 16 de Julio de 2013 (1), dispone la prohibición del uso del mercurio en las operaciones mineras en el Ecuador. Además, la Disposición Transitoria Tercera de este marco legal, establece un plazo de 2 años para la erradicación de esta práctica y la sustitución por otros procesos alternativos. Este plazo se cumplió el 16 de julio de 2015.

Ante este importante cambio en el marco legal vigente, es necesario evaluar si la prohibición del uso de Hg en la amalgamación para la recuperación de oro, está siendo respetada, así como determinar el tiempo que tarda el ecosistema en recuperarse de este tipo de contaminación. Colateralmente a la restricción del uso del Hg, la legislación vigente habla de procesos alternativos, que debería ser monitoreados, a fin de determinar los posibles problemas ambientales que pueden ocasionar (*Medioambiente y sostenibilidad*).

Para entender este complejo escenario se requiere analizarlo en sus componentes específicos.

Es importante entender lo relacionado a la contaminación de agua y sedimentos. Los sitios escogidos para este estudio, corresponden a zonas de alta mineralización, pero cada una corresponde a diferentes unidades geológicas, con una muy diversa composición geoquímica y mineralógica, lo que les hace muy interesantes desde el punto de vista hidrogeoquímico (2). Por la alta mineralización, es posible encontrar concentraciones más elevadas de metales pesados en agua, suelos, peces, moluscos y personas, debido a la lixiviación natural de rocas y minerales de los sectores en estudio, que no ocurre en zonas que no presentan estas características geológicas y geoquímicas. (*Estudio de las propiedades fisicoquímicas y mineralógicas de suelos y sedimentos para evaluar su influencia en el ambiente*).

Esta lixiviación inicialmente natural se ve severamente incrementada, cuando se realiza una actividad minera. Al abrir una mina, se expone a los minerales a las acciones del agua, oxígeno y bacterias acidófilas, que van a lixiviar estos minerales, en especial los sulfuros, lo que contaminará e incrementará las concentraciones de metales pesados en agua y sedimentos, y expondrá a las personas que consumen esas aguas, a potenciales problemas de salud asociados a la ingestión de metales pesados. (*Hidrogeoquímica y Contaminantes: Estudio geoquímico de aguas superficiales y contaminaciones posibles*).

Adicionalmente a las características geológicas y geoquímicas de los lugares de estudio, que corresponden a los distritos mineros de Nambija, Ponce Enríquez y Zaruma-Portovelo, se debe evaluar los impactos que ocurren, producto de las actividades de pequeña minería y minería artesanal que se desarrollan en estos lugares, con el uso de varios químicos, principalmente de mercurio y cianuro, en los procesos de recuperación del oro. Estos procesos metalúrgicos producen efluentes industriales, sólidos, líquidos y gaseosos, muchos de los cuales son descargados sin tratamiento alguno al ambiente (3). El mercurio en estas zonas es de origen totalmente antropogénico. Por los severos problemas ambientales y de salud que ocasiona, el Ecuador prohibió su uso en la minería del oro; sin embargo, este químico sigue aún en uso, por lo que resulta importante determinar cómo se está implementando esta medida, y sus efectos en el ambiente. El primer efecto que se espera, al reemplazo del Hg será el incremento del uso del cianuro para la recuperación del oro, lo cual posiblemente repercuta en un incremento en la concentración de metales pesados, en aguas, sedimentos y seres vivos. Un efecto positivo esperado en el ambiente, es que las concentraciones de Hg decrezcan con el tiempo en aguas, sedimentos y seres vivos. (*Estudio de impacto de efluentes industriales en suelos, aguas superficiales, subterráneas. Tratamiento de efluentes*)

Los efectos positivos y negativos en las actividades mineras, que se produzcan a corto, largo y mediano plazo, pueden ser monitoreadas mediante especies sensibles, en especial peces y crustáceos, que se realizará en este estudio. Concentraciones tóxicas de Hg y metales pesados en peces y tejidos de crustáceos (4, 5) son muy buenos indicadores de contaminación al estar en sitios tope de la cadena alimenticia, por lo que pueden bioacumular y biomagnificar la contaminación, y constituir un peligro para los seres humanos que los consuman. (6). Análisis elementales e isotópicos pueden desarrollarse para peces, moluscos y alimentos que consumen las personas, para diferenciar las fuentes de contaminación. Brennan et al. (7, 8), Tsui et al. (9) y Dang et al. (10) han usado isótopos de Sr, Hg y Pb, en peces, para determinar el origen de contaminación. Todas las muestras inorgánicas y biológicas, serán analizadas por isótopos de Sr, para tratar de determinar si el origen de la contaminación procede de la minería y geoquímica del lugar en estudio. (*Medioambiente y sostenibilidad*). Es importante entender los riesgos que conlleva la situación de contaminación actual y sus efectos, para la población que habita estos lugares y está continuamente expuesta, por ejemplo, mediante el consumo diario de agua, peces, productos cultivados en sus suelos, frutas, vegetales, café, cacao, banano, que podrían tener elevados contenidos de Hg y metales pesados. Para determinar el nivel de exposición de las personas a Hg y metales pesados, se tomarán muestras de cabello y uñas de los dedos de los pies, para determinar el nivel de bioacumulación de éstos, en los habitantes de los sitios en estudio. El cabello y las uñas son indicadores biológicos de contaminación en ambientes de trabajo y se los prefiere, por ser procedimientos no invasivos y de fácil muestreo (11). (*Medioambiente y sostenibilidad*) (*Riesgos geológicos y ambientales*)



4	Productos esperados
	a. Publicaciones científicas (obligatorio); X
	b. Disertación a la Comunidad Politécnica; X
	c. Proyecto de Titulación; X
	d. Tesis de Grado (maestría o doctorado); X
	e. Aplicación tecnológica construida o implementada; <input type="checkbox"/>
	f. Patente presentada; <input type="checkbox"/>
	g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación. X

5	Descripción y metodología y diseño del proyecto
---	---



5.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)

a. Descripción

Las tres zonas mineras más importantes del sur del Ecuador, en las cuales se desarrollan actividades de pequeña minería y minería artesanal, que incluyen el uso de mercurio son: Nambija (Provincia de Zamora Chinchipe), Ponce Enríquez (Provincia del Azuay) y Portovelo-Zaruma (Provincia de El Oro) (2). Se pueden encontrar varios estudios realizados con anterioridad, sobre contaminación de Hg y otros metales pesados, en especial en aguas y sedimentos (12, 13, 14, 15, 16, 17), existiendo estudios aislados en Hg y Pb en seres humanos en estas zonas mineras (18, 19, 20) y muy poco en Hg y metales pesados en peces y especies acuáticas (21, 22, 23). Según Hammond et al. (3), varios estudios han determinado efectos de sedimentos contaminados en cosechas e invertebrados; sin embargo, en peces y vertebrados más grandes, el efecto por la contaminación, no es claro. Según este reporte del BID (3), se esperaría encontrar que una disminución de peces grandes que se alimentan de éstos, que provocaría una inestabilidad en la cadena trófica, por efecto principalmente de la carga de sedimentos contaminados en los ríos.

En este estudio se quiere correlacionar los datos de diferentes compartimientos ambientales, incluyendo los seres humanos, para determinar el grado de afectación de la contaminación ambiental de las zonas de pequeña minería más importantes del Ecuador. Debido al cambio en la legislación minera, se esperaría cambios significativos a mediano y largo plazo, en las concentraciones de Hg y metales pesados, en los diversos compartimientos ambientales.

b. Definición de los sitios de muestreo

Usando un mapa, se localizarán las fuentes de contaminación y en base a las cuencas hidrográficas presentes, se decidirá in situ, en una visita previa al trabajo de colección, los sitios de muestreo. Vale acotar que en los sitios escogidos para este estudio, se han desarrollado investigaciones previas de Hg y otros metales pesados, en aguas y sedimentos, en transectos en ríos y corrientes de la zona, que acarrearán contaminación de esas zonas mineras (12, 24). Los puntos de muestreo será cercanos a estos, de modo que se puedan realizar comparaciones de lo ocurrido hace 5 y 20 años, respectivamente. En este estudio se quiere incluir datos de contaminación en aguas subterráneas, que han sido poco estudiadas en el contexto de la alta mineralización y actividades productivas en estas zonas mineras. En todas las zonas mineras, se determinarán sitios de control para muestras blanco, que no estén afectadas por las actividades mineras. En el caso de peces y crustáceos, se buscarán especies similares a las estudiadas, que tengan su hábitat en zonas donde no haya influencia minera.

c. Metodología de muestreo y análisis

1. Obtención de permisos

Previamente a realizar los muestreos, se realizarán los trámites ante el Ministerio del Ambiente, para obtener el permiso correspondiente para la recolección de muestras de aguas, alimentos, peces y crustáceos. Una vez realizada la colección de muestras biológicas, se realizará el trámite de movilización de muestras, en el MAE provincial de la primera zona de muestreo.

De igual modo, se realizarán los trámites para obtener el Certificado de un Comité de Ética autorizado por el Ministerio de Salud Pública y con ello el permiso de este Ministerio, para poder tomar las muestras de cabello y uñas de los dedos de los pies de habitantes de las zonas mineras.

2. Toma de datos físicos químicos en aguas de pozo y de ríos in situ

Parámetros a determinar: pH, ORP, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura. Para estos análisis en aguas superficiales y subterránea, se usará un electrodo multipropósito tipo YSI Professional Plus probe. El muestreo se realizará dos veces por año, en época lluviosa y en época seca.

3. Toma de muestras de aguas

Para la colección todas las muestras de aguas, se utilizará el protocolo "Clean hands, dirty hands" (25). Guantes nuevos de vinil (libres de talco) serán usados para cada set de muestras de agua. Previo a la campaña de muestreo, se hará la preparación de los materiales de muestreo. Todas las botellas, mangueras y equipos de muestreo, serán previamente lavados con ácido ultra puro (10 % HCl) y abundante agua bidestilada, antes de cada muestreo. (12)

La muestra de agua se tomará usando los equipos necesarios para cada caso (aguas superficial o subterránea). Se procederá a coleccionar la muestra en dos frasco plástico de 250 mL, previamente lavados. Uno de ellos contendrá agua sin filtrar, mientras en el otro, el agua será filtrada. En ambos frascos se adicionarán 2 gotas de HNO₃ ultra puro, para análisis de cationes. Se realizará una colección similar en 4 frascos plásticos, con y sin filtro, de 100 mL, previamente lavado, para análisis de aniones y de isótopos.

Para el análisis de Hg total y Metil Hg, las muestras de aguas se coleccionarán en botellas de 250 mL de FLPE (fluorinated polyethylene), a las que se les añadirá 1% v/v de HCl. (12)

Las muestras coleccionadas serán colocadas en un cooler con hielo, para mantener las muestras a 4°C. El muestreo se realizará dos veces por año, en época lluviosa y en época seca.

4. Toma de muestras de sedimentos de río

De manera paralela a la toma de muestras de aguas de río, se tomarán muestras de sedimentos de las orillas del río. Las muestras serán tamizadas en el sitio, coleccionándose lo que pase de un tamiz #60 (250 µm). En el laboratorio, se tamizará para recuperar la fracción inferior a 70 µm, que se secará a temperatura ambiente. Una vez seca la muestra, se homogenizará y cuarteará hasta tener una fracción de alrededor de 100 g. El sedimento será solubilizado con agua regia y analizado mediante ICP-AES por elementos trazas y elementos mayores. (12)



5. Realización de encuesta y toma de muestras de cabello y uñas de los dedos de los pies

En primer lugar se contará con el consentimiento firmado de la persona que intervenga en la encuesta y toma de muestras. La encuesta determinará la(s) fuente(s) de agua que la persona consume, así como detalles de su dieta en lo relacionado a consumo de peces y otros productos. Se tomará una muestra pequeña de cabello de atrás de la cabeza, cercana al cuero cabelludo. Se averiguará si el cabello está teñido y se anotará esta condición en la hoja de colección de datos. Luego se pedirá una muestra de las uñas de los pies. La toma de muestra se la realizará con un cortaúñas nuevo. Si las uñas están pintadas, se anotará esta condición en la hoja de colección de datos. La toma de muestras se realizará una vez al año, en la época seca. Excepcionalmente, si las condiciones lo permiten, se tomarán las muestras en la época lluviosa. Se tomarán muestras de control a personal del proyecto, estudiantes y profesores de la EPN, para comparación. Las muestras serán colectadas en fundas plásticas nuevas con sello hermético tipo ziploc, debidamente identificadas y serán almacenadas en un contenedor apropiado

6. Toma de muestras de peces y otras especies acuáticas

Se tomarán muestras de peces y crustáceos de las cuencas en estudio. La toma de muestras se hará luego de un estudio previo de las especies que se pueden encontrar en esos medios, y se elegirá aquella que se repita en las diferentes cuencas y nos sean migratorias para poder comparar resultados. Se utilizarán caña de pescar y redes y con el apoyo de trabajadores locales se realizará la pesca. En campo se harán mediciones de tamaño, peso e identificación de especie. Se separarán las vísceras de los músculos y se guardarán estas muestras en un cooler con hielo seco, hasta su llegada al laboratorio donde el material de estudio será secado por liofilización y preservado en congelación hasta el momento de realización de los análisis digestivos respectivos y análisis.

7. Toma de muestras de alimentos

En base a la visita previa de reconocimiento y definición de los sitios de muestreo, se determinarán los productos vegetales, frutas y otros, que se producen en la zona y la gente consume. Se determinará los alimentos con propensión a acumulación de Hg y metales pesados, a fin de definir las especies a muestrear y su periodicidad. Información más detallada de los hábitos alimenticios de los pobladores de las zonas en estudio, se determinarán en la encuesta que se realizarán previa a la toma de muestras de cabellos y uñas de los dedos de los pies.

8. Análisis químicos

- Un equipo ICP-MS del INAMHI será usado para la determinación de metales pesados de muestras de aguas y biológicas, previamente disgregadas mediante procedimientos estándar. Muestras interlaboratorio se enviarán a la Universidad de Utah, para análisis en un ICP-MS Se analizarán muestras de referencia y muestras de control de calidad (QC), conjuntamente con las muestras del proyecto.
- Los análisis de aniones serán analizados en un equipo Dionex del INAMHI.
- Las muestras de sedimentos serán analizadas por metales pesados en el equipo ICP-OES del DEMEX. Para mineralogía, se utilizará el Difractómetro de Rayos X, del DEMEX.
- El secado por liofilización de muestras biológicas se realizará en el equipo del DECAB.
- Las muestras para THg y MeHg se analizarán usando un espectrómetro de vapor frío y fluorescencia atómica (CVAFS) de la Universidad de Utah, usando los métodos USEPA 1631 (26) y 1630 (27), respectivamente. Las muestras se prepararán usando métodos estándar. (12)
- Las muestras para análisis de isótopos de Sr, serán enviadas al laboratorio de la Universidad de Utah, para análisis usando un equipo CC-ICP-MS

9. Tratamiento de los datos y análisis de riesgos

Los resultados de concentración de metales pesados serán clasificados por población y en relación a la fuente de agua principal en estudio. Luego de esta primera clasificación, los datos serán analizados de acuerdo al tiempo de permanencia de la persona en la población en estudio.

Con base a estas clasificaciones, se tomarán la media aritmética de la concentración de metales pesados, como representativa por cada grupo, y se determinará la varianza.

Para el caso de muestras de pozos individuales, se seguirá el mismo procedimiento, si es posible. En caso contrario, si se tienen individuos aislados, se lo reportará de esta manera.

La información sobre la dieta de las personas, permitirá entender una posible correlación cualitativa de la dieta de pescado con la ingesta de mercurio; y, de vegetales como brócoli y frutos secos, con el manganeso y otros metales pesados.

Usando la metodología de Monte Carlo, se hará un análisis de riesgos de la población en los sitios de estudio. Se considerará para el análisis el agua, y los alimentos que ingieren diariamente. Con el estudio de isótopos, se correlacionará el origen de la contaminación de los diversos componentes ambientales en estudio.

Se entregarán informes de resultados a las autoridades de las zonas donde se realizó el muestreo, además de al Ministerio de Salud Pública



Bibliografía:

1. Ley Orgánica Reformatoria a la Ley de Minería, a la Ley Reformatoria para la Equidad Tributaria en el Ecuador y a la Ley Orgánica de Régimen Tributario Interno. Registro Oficial No 37 - Martes 16 de Julio de 2013. Segundo Suplemento
2. Williams, T.M. (2001) Geoquímica y Ambiente, UCP Prodeminca, ISBN 9978-41-736-2. Imprenta Noción, Quito, 139 pp.
3. Hammond, D.S., Rosales, J., Ouboter, P.E. (2013) Gestión del Impacto de la Explotación Minera a Cielo Abierto sobre el Agua Dulce en América Latina, NOTA TÉCNICA # IDB-TN-520, BID, Unidad de Salvaguardias Ambientales, 40 pp.
4. Evans, D.W., Dodoo, D.K., Hanson, P.J. (1993) Trace-element concentrations in fish livers - implications of variations with fish size in pollution monitoring. *Mar. Pollut. Bull.* 459(26):329-334.
5. Johnson, W.P., Frederick, L., Millington, M., Vala, D., Reese, B., Freedman, D., Stenten, C., Trauscht, J., Tingey, C., Fernandez, D.P., Bowen, G., Solomon, D.K. (2015.) Potential impacts to perennial springs from tar sand mining, processing, and disposal on the Tavaputs Plateau, Utah, USA. *Science of the Total Environment*, 532: 20-30
6. Verhaert, V., Covaci, A., Bouillon, S., Abrantes, K., Musibono, D., Bervoets, L., Verheyen, E., Blust, R. (2013) Baseline Levels and Trophic Transfer of Persistent Organic Pollutants in Sediments and Biota from the Congo River Basin (DR Congo). *Environ. Int.* 59: 290-302.
7. Brennan S.R., Zimmerman C.E., Fernandez D.P., Cerling T.E., McPhee M.V., Wooler M.J. (2015a) Strontium Isotopes delineate fine-scale natal origins and migration histories of Pacific salmon, *Science Advances*. 1(4), e1400124. DOI: 10.1126/sciadv.1400124.
8. Brennan, S.R., Fernandez, D.P., Zimmerman C.E., Cerling, T.E., Brown, R.J., & Wooler, M.J. (2015b). Strontium isotopes in otoliths of a non-migratory fish (slimy sculpin): Implications for provenance studies. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 149: 32-45
9. Tsui, M.T.K., Blum, J.D., Kwon, S.Y., Finaly, J.C., Balogh, S.J., Nollet, Y.H. (2012) Sources and transfers of methylmercury in adjacent river and forest food webs. *Environmental Science and Technology* 46 (20):10967-10964.
10. Dang, D.H., Schafer, J., Brach-Papa, C., Lenoble, V., Durrieu, G., Dutruch, L., Chiffolleau, J., Gonzalez, J., Blanc, G., Mullot, J., Mournier, S., Garnier, C. (2015) Evidencing the Impact of Coastal Contaminated Sediments on Mussels Through Pb Stable Isotopes Composition. *Environmental Science and Technology* 49:11438-11448.
11. Bencko, V. (2005) Hair and Exposure to Environmental Pollutants. In: Tobin D.J. (Ed), *Hair in Toxicology*, (pp.159-174), Cambridge, The Royal Society of Chemistry.
12. Carling, G., Diaz, X., Ponce, M., Pérez, L., Nasimba, L., Pazmiño, E., Rudd, A., Merugu, S., Fernandez, D., Gale, B., Johnson, W.P. (2013) Particulate and Dissolved Trace Element Concentrations in Three Southern Ecuador Rivers Impacted by Artisanal Gold Mining, *Water, Air, & Soil Pollution*, 224:1-16.
13. Vásquez, L.A., Durán, W.S. (2015) Evaluación ambiental de la cuenca del Río Gala del cantón Camilo Ponce Enríquez, Tesis de Maestría en Desarrollo Local, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 202 pp.
14. Garcia, M.E., Betancourt, O., Cueva, E., Gimaraes, J.D. (2012) Mining and Seasonal Variation of the Metals Concentration in the Puyango River Basin-Ecuador. *Journal of Environmental Protection* 3.11 : 1542-1550.
15. Ramirez-Raquelme, M. E., Ramos, J. F. F., Angelica, R. S., Bravo, E. S. (2003). Assessment of Hg-contamination in soils and stream sediments in the mineral district of Nambija, Ecuadorian Amazon (example of an impacted area affected by artisanal gold mining). *Applied Geochemistry*, 18(3), 371-381.
16. Appleton, J.D., Williams, T.M., Orbea, H., Carrasco, M (2001) Fluvial Contamination Associated with Artisanal Gold Mining in the Ponce Enríquez, Portovelo-Zaruma and Nambija Areas, Ecuador, *Water, Air, and Soil Pollution*, 131(1): 19-39.
17. Tarras-Wahlberg, N.H., Lane, S. N. (2003). Suspended sediment yield and metal contamination in a river catchment affected by El Niño events and gold mining activities: the Puyango river basin, southern Ecuador. *Hydrological Processes*, 17(15): 3101-3123.



18. Counter S.A., Buchanan, L.H., Ortega, F., Laurell, G. (2002) Elevated Blood Mercury and Neuro-Otological Observations in Children of the Ecuadorian Gold Mines, *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 65(2): 149-163
19. Counter (2003) Neurophysiological Anomalies in Brainstem Responses of Mercury-Exposed Children of Andean Gold Miners, *Journal of Occupational & Environmental Medicine*, 45(1): 87-95
20. Betancourt, O., Narváez, A., Roulet, M. (2005) Small-scale Gold Mining in the Puyango River Basin, Southern Ecuador: A Study of Environmental Impacts and Human Exposures, *EcoHealth*, 2(4): 323-332
21. Guimaraes, J.R., Betancourt, O., Miranda, M.R., Barriga, R. (2011) Long-range effect of cyanide on mercury methylation in a gold mining area in southern Ecuador, *Science of the Total Environment*, 409(23):5026-5033.
22. Betancourt, O., Barriga, R., Guimarães, J.R.D., Cueva, E., Betancourt, S. (2011) Ch. 11. Impacts on Environmental Health of Small-Scale Gold Mining in Ecuador In: Charron, D.F. (Ed). *Ecohealth Research in Practice*, (pp 119-130). New York, Springer.
23. Tarras-Wahlberg, N., Flachier, A., Lane, S., Sangfors, O. (2001) Environmental impacts and metal exposure of aquatic ecosystems in rivers contaminated by small scale gold mining: the Puyango River basin, southern Ecuador. *The Science of The Total Environment* 278, 239-261.
24. PRODEMINCA (1999), Monitoreo ambiental de las áreas mineras en el sur de Ecuador 1996 – 1998. Ministerio de Energía y Minas, Quito, Ecuador.
25. USEPA Method 1669: Sampling ambient water for trace metals at EPA water quality criteria levels, July 1996.
26. USEPA Method 1631, Revision E: mercury in water by oxidation, purge and trap, and cold vapor atomic fluorescence spectrometry, August 2002.
27. USEPA Method 1630: Methylmercury in water by distillation, aqueous ethylation, purge and trap, and CVAFS, January 2001.



6 | Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales.



6.1 Tiempo máximo de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores.

El tiempo de dedicación máximo será de acuerdo al tipo de proyecto:

Nombre	Rol	Horas de dedicación	Departamento
Eliana Jiménez	Colaborador	16	Departamento de Geología
José Luis Rivera	Colaborador	5	Departamento de Petróleos
Vladimir Carvajal	Colaborador	10	Instituto de Ciencias Biológicas
Carolina Bernal	Colaborador	5	Departamento de Geología
Ximena Díaz	Colaborador	10	DEMEX
Eliana Jiménez	Colaborador	5	Departamento de Geología
Jenny Ruales	Colaborador	2	DECAB
Ramiro Barriga	Colaborador	N/A	Instituto de Ciencias Biológicas

6.2 Infraestructura y equipos

Infraestructura	Equipos principales	
	Nombre del equipo	Ubicación
Laboratorios de preparación de muestras, tamizado, análisis químicos, disgregación ácida	ICP-OES 8000 marca Perkin Elmer	DEMEX
	Difractómetro de rayos X, BRUKER, S8 ADVANCE	DEMEX
	Microscopio electrónico TESCAN con fluorescencia	DEMEX
	Microondas Milestone ETHOS ONE para disgregación de muestras	DEMEX
	Balanzas BOECO, Sartorius	DEMEX
Laboratorio de alimentos, preparación de muestras, análisis, mantenimiento de muestras	Cámaras frías de refrigeración (4 oC) y congelación (-19 oC)	DECAB
	Liofilizador para deshidratar muestras	DECAB
	Bidestilador de agua	DECAB
Colección y mantenimiento de muestras biológicas	Equipos de pesca, redes. Listados y referencias de especímenes de peces y crustáceos.	Instituto de Ciencias Biológicas
Laboratorios de computación, petrografía y análisis	Software para análisis de riesgos	Geología y Petróleos
	Equipos para análisis petrográficos	Geología y Petróleos
	GIS	Geología y Petróleos
	Equipos para análisis topográficos	Geología y Petróleos

6.3 Breve justificación del equipo requerido

Los fondos de este proyecto básicamente se usarán para el pago de análisis químicos elementales e isotópicos, de las variadas muestras inorgánicas y biológicas que se colectarán.

En este proyecto se adquirirá un equipo de electrodo multipropósito de análisis in situ, que permita determinar los parámetros físicoquímicos (DO, ORP, pH, T, Conductividad) de aguas superficiales y particularmente aguas subterráneas, en pozos de hasta 10 m de profundidad.

El resto de fondos se utilizarán para reactivos, materiales, suministros.

El proyecto pagará a un posgradista de Doctorado en Ciencias de los Alimentos.


Para este proyecto se cuenta con la colaboración de profesores de la Universidad de Utah (USA) que apoyarán en la preparación y realización de los análisis de Mercurio Total y Metil Mercurio, así como para el análisis de isótopos y la interpretación de los resultados obtenidos, a un costo mínimo, solo de suministros y materiales. Se adjuntan cartas de compromiso de la Universidad.

Adicionalmente se cuenta con el apoyo del INAMHI, que apoyará con los análisis químicos elementales mediante ICP-MS, cobrando por el servicio mediante el pago de gases de Argón y Helio. Para el efecto se realizará un convenio específico con el INAMHI, detallando los puntos acordados. Se adjuntan correos electrónicos mantenidos al respecto.

6.4 Fondos Adicionales

No se cuentan con fondos adicionales



7	Declaración del Director del Proyecto
Declaro que la presente propuesta es de mi autoría y de los colaboradores mencionados y que no ha sido presentada en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada solicitando el financiamiento total del proyecto.	
	
DIRECTOR DEL PROYECTO Nombre: Eliana Jiménez Alvaro CC: 1712075199	
Quito, 15 de julio de 2016 (lugar y fecha)	

DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO	
Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento de <u>Geología</u> , en sesión del día <u>15 de julio de 2016</u> mediante resolución No. <u>202</u> . Las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del proponente y sus colaboradores de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta propuesta.	
	
JEFE DEL DEPARTAMENTO Nombre: <u>Pedro Paredes</u> CC: <u>1712542537</u>	
Quito, 18 de julio de 2016 (lugar y fecha)	



Título del Proyecto: **O SOBRE EL AMBIENTE DE LA PROHIBICION DEL USO DE MERCURIO EN MINERIA Y RIESGOS TOXICOLOGICOS ASOCIADOS AL MERCURIO Y OTROS METALES PES**

		AÑO 1																																																							
Nº	Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8				Mes 9				Mes 10				Mes 11				Mes 12											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
1	Obtención de los permisos en el MAE y MSP					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																																								
2	Adquisición de equipos, materiales y suministros	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x																												
2	Preparación logística de las salidas de trabajo de campo																	x	x	x	x																																				
3	Salidas de prospección e Identificación de puntos de estudio																					x	x	x	x																																
4	Trabajo de campo																									x	x	x	x																												
5	Preparación de muestras en el laboratorio e Ingreso de información a bases de datos																													x	x	x	x	x	x	x	x																				
6	Envío de muestras para análisis																													x	x					x	x			x	x	x															
7	Recepción de resultados																																									x	x	x	x	x	x	x	x								
8	Elaboración y entrega de informe parcial																																																								
9																																																									
10																																																									

		AÑO 2																																																			
Nº	Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8				Mes 9				Mes 10				Mes 11				Mes 12							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
1	Trabajo de campo	x	x	x	x																					x	x	x	x																								
2	Preparación de muestras en el laboratorio e Ingreso de información a bases de datos					x	x	x	x	x	x	x	x																	x	x	x	x	x	x	x	x																
3	Envío de muestras para análisis					x	x					x	x			x	x													x	x					x	x			x	x	x											
4	Recepción de resultados																	x	x	x	x	x	x	x	x																	x	x	x	x	x	x	x	x				
5	Elaboración y entrega de informe parcial																									x	x																										
6																																																					
7																																																					
8																																																					
9																																																					
10																																																					

		AÑO 3																																																			
Nº	Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8				Mes 9				Mes 10				Mes 11				Mes 12							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
1	Trabajo de campo	x	x	x	x																									x	x	x	x																				
2	Preparación de muestras en el laboratorio e Ingreso de información a bases de datos					x	x	x	x	x	x	x	x																	x	x	x	x	x	x	x	x																
3	Envío de muestras para análisis					x	x					x	x			x	x													x	x					x	x			x	x	x											
4	Recepción de resultados																	x	x	x	x	x	x	x	x																	x	x	x	x								
5	Elaboración y entrega de informe parcial y total																									x	x																			x	x	x	x				
6																																																					
7																																																					
8																																																					
9																																																					
10																																																					

