

1-1-2016

Evaluación de trazas de mercurio en el tramo Caña Brava- Buenos Aires del Río Cotuhé, asociados a la actividad minera artesanal de oro en el Amazonas colombiano

Andrea Johana Cano Polania

Maria Camila Malagón Sanchez

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria

Citación recomendada

Cano Polania, A. J., & Malagón Sanchez, M. C. (2016). Evaluación de trazas de mercurio en el tramo Caña Brava- Buenos Aires del Río Cotuhé, asociados a la actividad minera artesanal de oro en el Amazonas colombiano. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/55

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**EVALUACIÓN DE TRAZAS DE MERCURIO EN EL TRAMO CAÑA BRAVA-
BUENOS AIRES DEL RÍO COTUHÉ, ASOCIADOS A LA ACTIVIDAD MINERA
ARTESANAL DE ORO EN EL AMAZONAS COLOMBIANO**

**ANDREA JHOANA CANO POLANIA
MARIA CAMILA MALAGON SANCHEZ**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
BOGOTÁ 2016**

**EVALUACIÓN DE TRAZAS DE MERCURIO EN EL TRAMO CAÑA BRAVA-
BUENOS AIRES DEL RÍO COTUHÉ, ASOCIADOS A LA ACTIVIDAD MINERA
ARTESANAL DE ORO EN EL AMAZONAS COLOMBIANO**

**ANDREA JHOANA CANO POLANIA
MARIA CAMILA MALAGON SANCHEZ**

**Proyecto de grado para optar al título de
Ingenieras Ambientales y Sanitarias**

Director

MSC CAMILO ANDRES VARGAS TERRANOVA

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
BOGOTÁ 2016**

NOTA DE ACEPTACIÓN

CAMILO ANDRES VARGAS TERRANOVA

DIRECTOR

JURADO 1

JURADO 2

FECHA: _____

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios, quien me guio y me dio fuerzas para seguir adelante con la tesis y la culminación de mis estudios como Ingeniera Ambiental y Sanitaria. A mi madre por su gran apoyo, motivación, amor, esfuerzo, incondicionalidad, comprensión, ayuda en cada paso de mi vida, y por llevarme a ser quien soy hoy en día como profesional y como persona, con mis valores, principios y perseverancia para conseguir mis objetivos. A Jesús Emilio Malagón y Gloria Malagón por estar siempre presentes y ser ese apoyo incondicional en cada paso que doy. A Andrea Cano por realizar esta última etapa del pregrado conmigo y por su amistad. A Laura Lemus por su compañía y amistad en este camino de formación como profesional, por su espontaneidad, incondicionalidad y lealtad.

María Camila Malagón Sánchez

A Juan Carlos Pinzón por su apoyo constante, esfuerzo y confianza en todo este proceso de formación profesional, a mis padres Maria Antonieta Polonia y Artemio Cano por su amor incondicional, constante motivación, consejo y orientación, que ayudaron a fortalecer mis principios y valores, a mis hermanas Lina y Raquel por su lealtad y amor, a mi abuela Leontina Barbosa por sus oraciones a María Camila Malagón por su amistad y acompañarme en este Proyecto, a Laura Lemus, Omar Lugo y Sebastián Mora por su Amistad y compañía.

Andrea Cano

AGRADECIMIENTOS

A Camilo Vargas Terranova por su apoyo y orientación para llevar a cabo este proyecto. A todo el personal docente de la Universidad por sus enseñanzas y directrices para culminar nuestra carrera profesional con éxito. A Artemio Cano por su apoyo e información brindada para realizar esta monografía.

CONTENIDO

CONTENIDO.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE ANEXOS.....	10
GLOSARIO.....	11
RESUMEN.....	15
ABSTRACT.....	17
INTRODUCCIÓN.....	19
JUSTIFICACIÓN.....	22
OBJETIVOS.....	23
Objetivo General.....	23
Objetivos Específicos.....	23
CAPÍTULO I. MARCO DE REFERENCIA.....	24
1.1. ANTECEDENTES.....	24
1.2. MINERÍA.....	29
1.2.1. Minería legal y artesanal.....	33
1.2.2. Explotación de oro.....	34
1.2.3. Minería en el Amazonas Colombiano.....	36
1.2.4. Impactos generados por la actividad minera.....	36
1.2.5. Efectos del mercurio en la salud humana.....	40
1.3. USO DE MERCURIO EN LA ACTIVIDAD MINERA.....	41
1.3.1. Generalidades del mercurio.....	41
1.3.2. CICLO BIOGEOQUÍMICO DEL MERCURIO.....	43
1.3.3. El uso de mercurio en la Minería Artesanal y de Pequeña Escala (MAAPE).....	45
CAPITULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	47
2.1. GENERALIDADES.....	47
2.1.1. Corregimiento de Tarapacá.....	48
2.2. POBLACIÓN TIKUNA.....	52
2.2.1. La maloca: espacio de desarrollo y desenvolvimiento de la comunidad indígena.....	53
2.2.2. La chagra: espacio donde se desarrolla una conexión entre las mujeres de la comunidad y la naturaleza.....	54
2.2.3. Los rituales: momentos de conexión con seres espirituales.....	56
2.2.4. Comunidad de Buenos Aires.....	56
2.2.5. Comunidad de Caña Brava.....	57
2.3. TRABAJO EN CAMPO.....	58

2.3.1. Proceso de extracción de oro en las balsas de minería artesanal	60
CAPÍTULO III. MARCO LEGAL	63
CAPÍTULO IV. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO Y ANÁLISIS	69
4.1. Recolección de muestras de agua en el Río Cotuhé	69
4.2. Procesamiento de información primaria	71
4.3. Técnica de laboratorio utilizada para el análisis de mercurio	71
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	72
5.1. Niveles de mercurio obtenidos en laboratorio	72
CAPÍTULO VI. ALTERNATIVAS Y ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN.....	77
6.1. Alternativas para la disminución de uso de mercurio en la actividad minero artesanal.....	77
6.1.1. Ciclón o Vórtice	77
6.1.2. Flotación espumante	79
CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES.....	81
CAPÍTULO VIII. RECOMENDACIONES.....	83
BIBLIOGRAFÍA.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Balsa artesanal realizando la actividad minera sobre el Río Cotuhé.</i>	31
<i>Figura 2. Draga de extracción de oro.</i>	32
<i>Figura 3. Hallazgo de oro en forma granular.</i>	35
<i>Figura 4. Ciclo biogeoquímico del mercurio.</i>	45
<i>Figura 5. Localización geográfica del Río Cotuhé e hitos importantes.</i>	48
<i>Figura 6. Comunidad de Tarapacá.</i>	50
<i>Figura 7. Ubicación de la Población Tikuna en el Amazona.</i>	53
<i>Figura 8. Maloca de la comunidad Tikuna.</i>	54
<i>Figura 9. Comunidad de Caña Brava.</i>	57
<i>Figura 10. Sobrevuelo Tabatinga - Ipiranga.</i>	58
<i>Figura 11. Interior de una balsa minera artesanal sobre el Río Cotuhé:</i>	60
<i>Figura 12. Proceso de extracción de oro en la minería artesanal en el Río Cotuhé.</i>	61
<i>Figura 13. Obtención de las muestras de agua en el Río Cotuhé</i>	70
<i>Figura 14. Ubicación de los puntos de muestreo.</i>	74
<i>Figura 15. Ejemplo de ciclón.</i>	78
<i>Figura 16. Método de flotación espumante.</i>	80
<i>Figura 17. Valores de precipitación y número de días con lluvia (media, máxima y mínima)</i>	90
<i>Figura 18. Carta de presentación por parte de la Universidad</i>	91
<i>Figura 19. Reunión con algunos integrantes de la comunidad de Caña Brava</i>	93
<i>Figura 20. Reunión en la comunidad de Nueva Unión</i>	95
<i>Figura 21. Reunión con la comunidad Santa Lucia.</i>	96
<i>Figura 22. Cadena de Custodia</i>	106
<i>Figura 23. Matriz de Leopold de los impactos generados por la actividad minera artesanal en el Río Cotuhé.</i>	107

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Estudios reportados con respecto a la actividad minera</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 2. Ventajas y desventajas entre minería legal y artesanal.</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 3. Impactos asociados a la minería de oro.</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 4. Generalidades del corregimiento de Tarapacá</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 5. Alimentos cultivados en una chagra</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 6. Normatividad asociada a la actividad minera</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 7. Resultados obtenidos de parámetros para cada punto de muestreo</i>	<i>72</i>

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. DEFINICIÓN DE CRITERIOS PARA EJECUCIÓN DE MUESTREO	89
ANEXO B. CARTA DE PRESENTACIÓN POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD.....	91
ANEXO C. REUNIÓN CON COMUNIDADES UBICADAS SOBRE EL RÍO COTUHÉ .	92
ANEXO D. PROTOCOLO PARA LA RECOLECCIÓN, PRESERVACIÓN Y TRANSPORTE DE MUESTRAS DE AGUA	97
ANEXO E. ABSORCIÓN ATÓMICA POR GENERADOR DE HIDRUROS	102
ANEXO F. VALORES DE PRECIPITACIÓN.....	104
ANEXO G. CADENA DE CUSTODIA	106
ANEXO H. MATRIZ DE LEOPOLD.....	107
ANEXO I. RESULTADOS DE MERCURIO OBTENIDOS EN EL LABORATORIO	108

GLOSARIO

Amalgamación: La amalgamación consiste en agregar mercurio (azogue) al material explotado o procesado, cuando este entra en contacto con el oro libre y lo atrapa formando una aleación oro – mercurio (amalgama) blanca, brillante y viscosa (Unidad de Planeación Minero Energética, 2007).

Batea o culla: Recipiente de madera o metálico en forma cónica que se usa para lavar cascajo y arena, o muestras de roca molida, a fin de separar el oro (o materiales de densidades extremas) y otros metales preciosos. (Ministerio de Minas y Energía, 2015)

Compresor: Máquina para producir aire comprimido, con una presión mayor a la atmosférica, mediante la elevación de la presión del aire al valor de trabajo deseado con el fin de conducirlo por medio de una manguera hacia el buzo. (Ministerio de Minas y Energía, 2015)

Curaca: Representante legal y máxima autoridad, elegido democráticamente por los miembros de la comunidad (Ruiz, y otros, 2007).

Geotextil no tejido: Geotextil a base de fibras de grapa utilizado para separación y drenaje de suelos, reteniendo partículas finas como el oro y sedimentos. Se fabrica con fibras de grapa del polipropileno y ofrecen alta durabilidad con altas velocidades de flujo de agua, proporcionando una contención de pequeñas partículas. (Geosistemas Gerfor)

Igapó: Igapó es un tipo de selva inundable conformada por árboles de tallas intermedias y se caracteriza por no poseer tantos estratos vegetales como la selva de Terra Firme. Además, se

asienta en suelos mal drenados que pueden permanecer buena parte del año inundados o anegados por aguas negras (Briceño Vanegas, Briceño Vanegas, & Gallego Herrera, 2010).

Maloca: Casas comunales tradicionales, generalmente dispuestas hacia el oriente. Es el espacio social por excelencia de los indígenas, pero también cumple la función de mecanismo de adaptación y de manejo biocultural, es el centro donde se vive, se narra y se transforma el mundo (Ruiz, y otros, 2007).

Mercurio: Metal que se usa para separar y extraer el oro de las rocas o piedras en las que se encuentra. El mercurio se adhiere al oro, formando una amalgama que facilita su separación de la roca, arena u otro material (Instituto Nacional de Salud, 2012).

Metilmercurio: El metilmercurio es la forma química más tóxica del mercurio absorbible por los organismos vivos. En altas dosis el metilmercurio es tóxico para el sistema nervioso central y especialmente para el sistema nervioso en desarrollo en el útero y en la primera infancia. (Agencia Catalana de Seguridad Alimenticia, 2013).

Minería aluvial: Actividades y operaciones mineras adelantadas en riberas o cauces de los ríos; también se emplean métodos de minería aluvial para la extracción de minerales y materiales en terrazas aluviales (Ministerio de Minas y Energía, 2015).

Minería formal: Conformada por unidades de explotación de tamaño variable, explotadas por empresas legalmente constituidas (Ministerio de Minas y Energía, 2015).

Minería ilegal: Es la minería desarrollada sin estar inscrita en el Registro Minero Nacional y, por lo tanto, sin título minero, llevada a cabo de manera artesanal e informal, al margen de la ley (Ministerio de Minas y Energía, 2015).

Minería informal: Constituida por las unidades de explotación pequeñas y medianas de propiedad individual y sin ningún tipo de registros contables (Ministerio de Minas y Energía, 2015).

Minería legal: Es la minería amparada por un título minero, que es el acto administrativo escrito mediante el cual se otorga el derecho a explorar y explotar el suelo y el subsuelo mineros de propiedad nacional, título que deberá estar inscrito en el Registro Minero Nacional (Ministerio de Minas y Energía, 2015).

Minería a cielo abierto: Actividades y operaciones mineras desarrolladas en superficie (Ministerio de Minas y Energía, 2015).

Minería a pequeña escala o pequeña minería: Se refiere a las actividades informales llevadas a cabo utilizando poca tecnología y maquinaria, que “se realicen con herramientas e implementos simples de uso manual, accionados por la fuerza humana, y cuya cantidad extraída no sobrepase en ningún caso a las doscientas cincuenta (250) toneladas anuales de material” (Ministerio de Minas y Energía, 2015).

Retorta: Recipiente semejante a un crisol con un mecanismo de abertura/cerradura, un tubo que permite la salida del vapor de mercurio en la parte superior sobre la tapa y un cuello en forma de tubo que sirve para condensar el mercurio (Ministerio de Minas y Energía, 2015).

Tanteo: Es la forma de sentir del buzo por medio de las manos cuando se encuentra en profundidades del agua (Ministerio de Minas y Energía, 2015).

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Río Cotuhé y el corregimiento de Tarapacá, en el Departamento del Amazonas durante el periodo comprendido entre diciembre de 2014 y julio de 2016; el propósito de la investigación consistió en el análisis de los niveles de mercurio determinados en el tramo Caña Brava- Buenos Aires del Río Cotuhé asociados a la actividad minera artesanal de oro aluvión que se presenta en el Río entre la comunidad Caña Brava y Buenos Aires. El presente estudio se justificó debido a que la actividad minera de oro de aluvión se lleva a cabo de forma artesanal hace aproximadamente 15 años, lo cual ha ocasionado impactos negativos tanto a la población como al ambiente, con la contaminación del recurso hídrico, disminución de peces, aparición de enfermedades y cambios en la dinámica social, entre otros, sin tener hasta el momento un control por parte de las autoridades ambientales y militares. Para ello se identificó el proceso minero artesanal de oro en la zona mediante evaluaciones diagnósticas e inmersión social, que permitió establecer criterios para el muestreo de agua. Esta evaluación se desarrolló mediante un muestreo puntual de agua teniendo en cuenta los parámetros de calidad para la obtención, preservación y transporte de las muestras hasta el laboratorio encargado de realizar el análisis de mercurio mediante la técnica de adsorción atómica por generador de hidruros. El análisis de datos permitió determinar que en la zona se encuentran valores de mercurio total entre $<0,001$ y $0,003$ mg/l. lo que conlleva a las siguientes conclusiones: a) la actividad minera artesanal de oro aluvión llevada a cabo en el Río Cotuhé, está generando contaminación del recurso hídrico, dado que algunos valores determinados en las muestras de agua están al límite permisible (muestras 1,3 y 5 con $0,001$ mg/l Hg) e inclusive unas de ellas supera los criterios establecidos en la resolución 2115 de 2007, artículo 5, que define el valor máximo permisible para consumo humano de $0,001$ mg/l Hg (muestra 2 y 4 con $0,002$ mg/l Hg y muestra 6 con $0,003$ mg/l Hg), superándola en un $0,001$ mg/l Hg y $0,002$ mg/l Hg. b) esta actividad no solo

está ocasionando daño al ambiente si no que adicional a esto, está generando impactos a nivel social, puesto que las comunidades que se encuentran expuestas a esta actividad están cambiando su dinámica social, c) es importante promover el uso de alternativas para disminuir o reemplazar el uso del mercurio mediante técnicas, como flotación espumante, y ciclón o vórtice en la minería artesanal.

ABSTRACT

This research was conducted in the Cotuhé River and the village of Tarapaca in the Colombian Amazon during the period between December 2014 and July 2016; the purpose of the research was to analyze levels of mercury in a transept River Cotuhé associated with artisanal alluvial gold mining activity occurring in the river between Caña Brava and Buenos Aires community. This study was justified because mining gold alluvium is carried out by hand out by hand about 15 years ago, which has caused negative impacts both the population and the environment, pollution of water resources, decreased fish, onset of disease and changes in social dynamics, among others, so far without supervision by environmental and military authorities. For this, the artisanal gold mining process in the area is identified by diagnostic assessments and social immersion, which allowed to establish criteria for sampling water. This assessment was developed through a water sampling point that takes into account the quality parameters for procurement, preservation and transport of samples to the laboratory responsible for the analysis of mercury by atomic adsorption technique Hydride generation. Data analysis allowed us to determine that the concentration levels of mercury in the area is between <0.001 to 0.003 mg / l. which led to the following conclusions: a) Artisanal alluvial gold mining activity barrage carried out in the Cotuhé River, it is causing pollution of water resources, as some values determined in water samples are the permissible limit (1, 3 and 5 samples with 0.001 mg / l Hg) and even some of them exceeds the criteria set out in resolution 2115 of 2007, article 5, which defines the maximum allowable value for human consumption of 0.001 mg / l Hg (sample 2 and 4 with 0.002 mg / l Hg and shows 6 0.003 mg / l Hg), surpassing it in a 0.001 mg / l Hg and $0,002$ mg / l Hg. b) This activity is not only causing harm to the environment if not that in addition to this, is generating impacts on the social level, since communities that are exposed to this activity are changing social

dynamics, c) It is important to promote the use of alternatives to reduce or replace the use of mercury by techniques such as froth flotation and cyclone or vortex in artisanal mining.

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país con grandes riquezas de recursos naturales y metales preciosos como el oro, cuya explotación se realiza en su mayoría de forma artesanal y en pequeña escala. Durante esta explotación se utiliza entre otros elementos el mercurio, siendo este de alta toxicidad que al ser manipulado de forma incorrecta genera un daño a la salud humana, al ambiente y los diversos ecosistemas. Además, esta mala práctica por parte de los pequeños mineros y compradores de oro va más allá de lo ambiental y minero, ya que involucra aspectos culturales, sociales y económicos. La problemática generada por esta actividad se da por la no implementación de tecnologías limpias que permitan minimizar la contaminación y que de forma paralela genere una alta recuperación del material, además la nula capacitación por parte de entidades o el estado, la ausencia de programas de salud ocupacional y al desconocimiento por parte de los mineros sobre los riesgos en la salud por el inadecuado manejo de estas sustancias como el mercurio.

La contaminación a los recursos naturales y los impactos tanto ambientales como sociales que genera la minería artesanal ilegal de oro de aluvión en el Río Cotuhé, son principalmente derivadas por la utilización del mercurio en el proceso de extracción de oro, a pesar de que las balsas lo utilizan en pequeñas cantidades, se tiene en cuenta que han llegado a ser hasta 15 balsas trabajando al mismo tiempo y por largos periodos de tiempo. Además de la posible contaminación que se esté dando por la mala manipulación del mercurio, se viene presentando contaminación por desechos sólidos y combustibles que arrojan al río; situación que genera problemas en especies hiticas que se encuentran en la zona.

No solo se ve reflejado el impacto ambiental en esta zona, sino también el impacto social, debido a que esta actividad minera ha afectado la dinámica social y costumbres ancestrales de las comunidades indígenas Tikunas acentuadas en la zona , ya que el contacto

directo con los mineros ha generado que algunas actividades sean remplazadas por otras, puesto que los indígenas son contratados como trabajadores de las balsas en diferentes oficios, dejando de un lado actividades como la caza, la agricultura y la pesca que son determinantes para el sostenimiento de la comunidad. Algunos indígenas son influenciados por la remuneración económica en la actividad minera, lo que les permite acceder a productos comerciales y tecnológicos que de cierta forma han generado un cambio en sus actividades diarias, además de esto los mineros frecuentan las comunidades llamando la atención de las mujeres y adolescentes menores de edad que son llevadas a las balsas por estos, lo cual ha generado que estas cambien su forma de vida llegando a abandonando sus familias en la comunidades y en muchos casos sin retornar a ellas. Por otra parte, los mineros frecuentan las comunidades en busca de recursos alimenticios y otros productos que no son producidos por la misma comunidad, como latas de comida y cerveza, que son obtenidos del corregimiento de Tarapacá.

El mercurio es un neurotóxico que se concentra en forma particular para los procesos mineros descritos, en el lecho del agua, los sedimentos y a la atmosfera, siendo allí transformado en metilmercurio, la forma más toxica de este metal, el cual es absorbido por los peces, alimento de los pobladores, acumulándose y afectando la salud de estos.

En esta investigación se evaluó los niveles de mercurio por medio de un análisis fisicoquímico como agente contaminante encontrados en el tramo Caña Brava- Buenos Aires del Río Cotuhé, además de esto se realizó un proceso de inmersión en las áreas de influencia directa e indirecta con el fin de comprender el comportamiento entre las comunidades afectadas y la actividad minera, evaluando el proceso de extracción de oro y cómo este impacta al ambiente y a la población.

En este documento se encuentra una descripción general sobre la minería artesanal de oro, y de forma específica en el departamento del Amazonas, información recopilada de estudios realizados sobre los efectos en la salud humana asociados con el uso de mercurio en esta actividad, los problemas socioculturales en las comunidades aledañas al Río Cotuhé, e información sobre el análisis fisicoquímico realizado en muestras puntuales de agua en este río, con el fin de analizar los niveles de mercurio determinados mediante la técnica adsorción atómica por generador de hidruros, y el planteamiento de alternativas en procura de reducir el uso de mercurio, y la presencia de este en aguas de uso doméstico.

JUSTIFICACIÓN

La actividad minera de oro de aluvión que se lleva a cabo en el Río Cotuhé ubicado en el departamento del Amazonas, es realizada de forma artesanal desde hace aproximadamente 15 años, esto ha ocasionado impactos tanto a la comunidad que vive en este territorio como al ambiente. Para evaluar la situación que se presenta en esta zona geográfica, se realizó una evaluación fisicoquímica de agua en diferentes puntos de este cauce con el fin de identificar la incidencia de la actividad minera a partir de análisis de mercurio presentes en el área de estudio, debido a que en el proceso de amalgamación del oro es utilizado este elemento.

Además de esto, para el desarrollo del proyecto es indispensable tener presente las variables sociales, ya que en esta zona de la Amazonia se acentúan 9 comunidades indígenas Tikunas que dependen del Río Cotuhé para el desarrollo de sus actividades diarias, y también se encuentra ubicado el casco urbano del corregimiento de Tarapacá, principal punto de asentamiento de los mineros, en el cual se está reflejando las consecuencias que trae dicha actividad.

Esta investigación se desarrolló con el fin de obtener información acerca de la práctica de minería artesanal y la situación en esta región del País, ya que son escasas las investigaciones asociadas a esta actividad, debido a que es una zona apartada y de difícil acceso, que no ha sido de mucho interés de las autoridades Estatales. Igualmente es importante conocer e identificar los impactos que esta actividad genera, teniendo en cuenta que la zona de estudio se encuentra demarcada por ser un área con diversidad biológica y cultural, que requiere de estudios para su protección impidiendo que actividades antropogénicas como la minería, sean llevadas a cabo en esta zona.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los posibles niveles de mercurio como agente de contaminación en el tramo Caña Brava- Buenos Aires del Río Cotuhé, ubicado en el corregimiento Tarapacá departamento del Amazonas- Colombia, a partir de los análisis de muestras de agua asociados a la explotación de oro.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Analizar el proceso minero artesanal de oro en la zona de incidencia con evaluaciones diagnósticas e inmersión social que permitan comprender el comportamiento de las comunidades afectadas por esta actividad.
- ✓ Diseñar e implementar una malla de muestro a partir de criterios ambientales asociados al proceso minero de interés.
- ✓ Determinar los niveles de mercurio a partir de un análisis fisicoquímico de muestras puntuales de agua valorando posibles incidencias.
- ✓ Proponer estrategias de mitigación de potenciales impactos ambientales asociados al proceso evaluado.

CAPÍTULO 1. MARCO DE REFERENCIA

En este capítulo se entrega información recopilada por medios bibliográficos, como algunos antecedentes para esta actividad, métodos de extracción minera, la extracción minera artesanal de oro, el uso de mercurio en esta actividad y los impactos que genera, y las diferencias entre la minería legal y artesanal, entre otras generalidades que abarca el proyecto.

1.1. ANTECEDENTES

En el departamento del Amazonas desde el año 1985 se viene presentando la actividad minera artesanal de oro aluvión, después de los hallazgos de oro en la zona del Taraira Vaupés; lo que generó interés de exploración en diferentes zonas de este departamento. En el corregimiento de Tarapacá situado sobre el trapecio del Río Putumayo no fue la excepción; para la misma fecha se adelantaron en varios momentos exploraciones y aprovechamientos de oro de aluvión sobre el Río Putumayo, sus afluentes y en las selvas circundantes.

A mediados de la década de los años noventa, balsas con buzos y dragas empezaron a extraer oro de aluvión en el Río putumayo desde la población brasilera denominada Cuyaba hasta Ipiranga viejo, balsas con zarpes peruanos empezaron a subir por el Río Putumayo hasta llegar a Tarapacá, estas lograron pasar y fueron trabajando desde la desembocadura del río Yaguas, en balsas pequeñas con bomba de succión de seis y ocho pulgadas.

La actividad aurífera de aluvión hasta el año 2013 se encontraba demarcada sobre gran parte del Río Cotuhé, desde el lado peruano, arriba del límite internacional hasta casi su desembocadura con el Río Putumayo. Actualmente estas balsas concentran sus actividades en la parte media del Río Cotuhé entre la comunidad de Caña Brava y Buenos Aires en donde se ha evidenciado aumento en el número de balsas llevando a cabo esta actividad. Los habitantes del casco urbano de Tarapacá, afirman que esta actividad se fortalece cada día más (Cano, 2013).

A continuación en la Tabla 1 se plantean varios casos de actividad aurífera en Colombia, Perú, Brasil y contaminación por metales en la India.

Tabla 1. Estudios reportados con respecto a la actividad minera

Casos	Resultados
Niveles de mercurio y percepción del riesgo en una población minera aurífera del Guainía (Orinoquia colombiana)	La investigación realizada en esta zona mostró que las personas de esta región se encuentran altamente expuestas al contacto directo con el mercurio, utilizado en el proceso de amalgamación del oro, debido a que la técnica minera que utilizan es artesanal. Los niveles de mercurio encontrados en muestras de sangre y cabello fueron valores que oscilaron entre 6.90µg/g a 160 µg/g y entre 3,0 µg/L y 89,20 µg/L respectivamente. Esto ha llevado a la población a tener importantes problemas de salud pública, contaminación del ecosistema y la exposición de la población de la región (Idrovo, y otros, 2001)

<p>Evaluación de la contaminación por vertimiento de mercurio en la zona minera, Pacarní - San Luis (Departamento del Huila- Colombia)</p>	<p>Los resultados obtenidos con este estudio arrojaron que las muestras de agua tomadas en las quebradas cercanas a la zona minera y el cauce del Río Yaguará mostraron valores de mercurio solo en una muestra de agua en el punto San Luis Alto, punto ubicado cerca a la ubicación de las minas; se reporta un valor igual al límite de detección del equipo (0.6 ppb), los datos de las muestras de sedimentos presentaron niveles considerables de mercurio. (Gomez, 2013)</p>
<p>Contaminación del metilmercurio en el Amazonas Brasileiro.</p>	<p>Con el fin de evaluar el grado de contaminación por mercurio del ambiente debido a las actividades de extracción de oro en la Amazonía, se desarrollaron estudios para determinar las concentraciones de mercurio total y metilmercurio en muestras cabello humano y de pescados de los cinco pueblos de pescadores ubicados principalmente en la cuenca del Río Tapajós. Los resultados arrojaron altos niveles de mercurio en el cabello humano en Jacareacanga y Brasilia. Los valores de las muestras masculinas fueron aproximadamente dos veces mayor que las mujeres, incluso en la misma familia. La forma predominante de mercurio en muestras de cabello era metilmercurio (promedio 90%), mientras que el mercurio observado en los buscadores de oro y los trabajadores en GOLDSHOPS era en su mayoría en forma inorgánica. Los peces contenían niveles relativamente altos de mercurio (hasta 3.82 ppm) en su mayoría en forma de metilmercurio y la mayoría de los peces de aguas arriba y aguas abajo de algunos excedió el nivel permitido de 0,5 ppm en Brasil (Akagi, y otros, 1995).</p>

<p>Evaluación ambiental de la contaminación por mercurio de la minería de oro artesanal centro Rwamagana, Geita Distrito, Tanzania (Ruanda).</p>	<p>Este estudio presenta los resultados de una evaluación ambiental de mercurio, la contaminación en el área de la minería artesanal de oro Rwamagana, al noroeste de Tanzania, y el potencial de dispersión aguas abajo por el río Malagarasi al lago Tanganica. En el momento del muestreo, se determinaron bajas concentraciones de mercurio (<0,05 mg / kg) las cuales se produjeron en los suelos más cultivados aunque niveles superiores de este (0,05 a 9,2 mg / kg) se registró en los suelos urbanos, agua y sedimentos. También se determinaron niveles de este en muestras vegetales y granos, en su mayoría por debajo del límite de detección de 0,004 mg/kg Hg, aparte de 0,007 y 0,092 mg / kg Hg en dos muestras de ñame y 0,011 a 0,013 mg / kg Hg en tres muestras de arroz. Las concentraciones en peces del delta del Río Malagarasi y el lago Tanganyika superan las directrices para el consumo humano (0,5 mg / kg), así como el límite de la OMS (Organización mundial de la salud) recomendado para grupos vulnerables (0,2 mg / kg) (Taylor, y otros, 2005).</p>
<p>Evaluación de la contaminación por mercurio en población de mineros artesanales de oro de la comunidad de Santa Filomena-Ayacucho-(Perú), durante el periodo Agosto 2000-septiembre 2001</p>	<p>En este estudio realizado se determinó los niveles de mercurio en muestras de orina de trabajadores mineros artesanales. En el cual se encontró que el 100% (31 muestras) de la población evaluada, el 67,74% (21 muestras) presentó niveles de mercurio incrementado en el rango de 41 a 90µgHg/L. (valores referenciales provisto por OMS). Los adultos jóvenes (24 a 34 años) fueron los que arrojaron los más altos valores de contaminación por mercurio y los niños (2 a 12 años) obtuvieron valores en el rango de 40-90µgHg/L, de igual manera el 75% (6 muestras) de las mujeres avaluadas presentaron concentraciones de mercurio de 40 a 90µgHg/L y del total de varones 65,22% (15 muestras) presentan esta misma concentración. El 58,06</p>

	% de la población en estudio, quienes se exponen de 0 a 7 horas por semana presentaron una concentración de mercurio en orina en cantidad significativa de 40 a 90µgHg/L (Monteagudo Montenegro, 2002)
Evaluación de la contaminación por metales en los sedimentos costeros de la Bahía de Bengala, (India): enfoques geoquímicos y estadísticos	En este estudio fueron analizadas muestras de sedimento superficial recolectado de la región de la plataforma interna de la bahía de Bengala, en donde se determinó trazas de los siguientes elementos disponibles (Al, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Si, Zn) para evaluar los procesos geoquímicos que influyen en su distribución, se llevó a cabo un análisis elemental en donde se identificó que los sedimentos tenían altas concentraciones de Si y concentraciones relativamente bajas de Al y Fe. El análisis factorial (AF) identificó seis posibles tipos de asociaciones sedimentológicas y geoquímicas. (Selvaraj, Ram, & Szefer, 2004).

Según el Instituto Colombiano de Geología y Minería –Ingeominas- (oficio No. 104130185291, 7 de septiembre, 2010, citado por Güiza, 2013). Afirma que. De los casi 9.000 títulos mineros otorgados por la autoridad minera, y que se encuentran inscritos en el Registro Minero Nacional, la mayoría corresponde a las áreas que se encuentran en etapa de exploración. Concomitantemente, de acuerdo con la Unidad de Planeación Minero Energética –UPME- (2007), según las cifras del programa de legalización de la Ley 685 de 2001, existen al menos 3.600 explotaciones mineras que operan sin el respectivo título, pero esta cifra solo es un indicio para tener un punto de partida, teniendo en cuenta que las autoridades mineras no cuentan con información actualizada y verificable sobre las características y condiciones en que se desarrolla la actividad de la minería de hecho en el país. (p.125)

1.2. MINERÍA

Es la actividad económica mediante la cual se extraen selectivamente de la corteza terrestre, diferentes tipos de minerales que son básicos para la producción de materiales empleados por la sociedad moderna y que son básicos en el diario vivir. La minería reúne un conjunto de actividades que relacionan el descubrimiento, exploración y explotación de yacimientos (Chávez , Ruiz, Martínez, & Duque, 2009).

Todos los materiales empleados por la sociedad moderna han sido obtenidos mediante minería, o necesitan productos mineros para su fabricación. Puede decirse que, si un material no procede de una planta, entonces es que se obtiene de la tierra. Incluso las otras actividades del sector primario —agricultura, pesca y silvicultura— no podrían llevarse a cabo sin herramientas y máquinas fabricadas con los productos de las minas. Cabe argumentar por ello que la minería es la industria más elemental de la civilización humana (Chávez , Ruiz, Martínez, & Duque, 2009).

Colombia cuenta con una geología que facilita la producción y el desarrollo de la minería. Dispone actualmente de una variada oferta de productos mineros, de gran escala como lo son el carbón y el níquel, y de menor escala como el oro, el platino, las esmeraldas, la caliza, la sal, entre otros. Estas producciones, se encuentran en los Distritos Mineros, que abarcan más de 250 municipios, en los cuales existe un alto potencial de crecimiento y exploración. En ellos, la actividad minera, representa un significativo aporte al desarrollo económico y social de los territorios, generando un efecto en el aumento de los ingresos y promoviendo el mejoramiento del desempeño empresarial, en condiciones de responsabilidad social y ambiental, impulsando el desarrollo en lugares en los cuales la minería es un bastión

fundamental para la lucha contra la pobreza, la marginalidad y la vulnerabilidad (Martínez, 2009).

Existen varios tipos de minería, dependiendo de la ubicación en la cual se encuentren los minerales y del modo de extracción del mismo que se emplee para obtenerlo. En primer lugar, los materiales pueden obtenerse en minas subterráneas, la cual desarrolla su actividad de explotación en el interior de la tierra y puede profundizar en ella a través de túneles, ya sean verticales u horizontales. En segundo lugar, están las minas de superficie, en las cuales, la actividad es realizada sobre la superficie de la tierra y se desarrolla en forma progresiva por capas o terrazas en terrenos previamente delimitados. El tercer método es la recuperación de minerales y combustibles a través de pozos de perforación, el cual es el método utilizado para aquellos minerales que no requieren ser extraídos mediante el proceso de excavación de túneles, tales como el gas y el petróleo. Por último, está la minería submarina o dragado, donde se extraen los materiales mediante una draga en una barca especialmente preparada para remover el lecho del río o del mar. (Chávez , Ruiz, Martinez, & Duque, 2009)

De acuerdo con un proyecto del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) (2012), acerca de la minería aurífera artesanal y de pequeña escala, los mineros de este tipo de minería explotan yacimientos primarios o de filón en forma selectiva, recuperando solo el oro libre y utilizando en muchos casos herramientas y maquinaria rudimentarias; por su parte, la gran minería explota estos yacimientos aplicando mayor tecnología y mejores técnicas para la recuperación tanto del oro libre como del oro asociado. Y en cuanto a los yacimientos secundarios o de aluvión, se explotan según la región con diferentes equipos y maquinarias, entre los que están las motobombas y monitores de agua utilizados para el desmorone de material donde se encuentra el mineral de oro, las dragas

(Figura 2) y minidragas hasta las grandes retroexcavadoras, bulldózeres y sistemas complejos de bombeo (Mosquera, Chávez, Pachas, & Moschella, 2009)



*Figura 1. Balsa artesanal realizando la actividad minera sobre el Río Cotuhé.
Fuente: (Autores,2015)*

Un ejemplo de la minería artesanal es la aplicación del método de minería por medio de balsas de succión (Figura 1), en donde este se aplica en los lechos del río, en el cual se disponen de manguera de succión de 6", 8", 10" y 12" de diámetro accionada por un buzo para extraer el material aurífero del fondo del cauce del río, cuya operación requiere de una bomba de sólidos (25 – 90HP). La tolva, parrilla, canaleta y equipo de bombeo que se ubican sobre plataformas flotantes de hierro o madera. Contrario a maquinaria mayor, como las dragas (Mosquera, Chávez, Pachas, & Moschella, 2009)



*Figura 2. Draga de extracción de oro.
Fuente: (Periódico El Universal, 2014)*

Según datos revelados por la Fiscalía, en el año 2015 se abrieron más de 6.450 investigaciones sobre minería ilegal, confirmando que este negocio se ha extendido por todo el territorio nacional. A demás de esto, exponen que los altos contenidos de mercurio en los peces hacen prever que los ciudadanos receptores de la pesca, como comunidades indígenas, colonos y demás consumidores, presenten un bioacumulado de este material pesado (Periódico EL TIEMPO, 2015).

Debido a la problemática sobre la minería ilegal, la policía enfrenta los delitos sobre esta actividad por medio de la Unidad Nacional contra la Minería Ilegal (UNIMIL) de la Policía Nacional, la cual es la encargada de liderar institucionalmente en coordinación con los diferentes organismos estatales, la lucha contra la Minería Ilegal y el terrorismo que sirve como fuente de financiación a las personas, grupos y organizaciones al margen de la ley, así como aquellos que sin el cumplimiento de los requisitos legales exploten recursos naturales y minerales; con el fin de proteger el patrimonio natural de la Nación, como elemento integrante de la soberanía nacional (Policía Nacional de Colombia, 2016).

1.2.1. MINERÍA LEGAL Y ARTESANAL

La minería de oro artesanal se caracteriza por ser en su mayoría de pequeña escala y carecer de permisos legales para la explotación, a comparación de la minería legal, la cual tiende a ser a mayor escala y por tal razón obtener los permisos requeridos para tal fin, ya que su actividad y los daños que genera en el ambiente son mayores, más evidentes y a una mayor velocidad. En la siguiente tabla se pueden observar algunas otras diferencias entre la minería legal y artesanal, con sus ventajas y desventajas.

Tabla 2. Ventajas y desventajas entre minería legal y artesanal.

	Minería Legal	Minería Artesanal
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">-Cuenta con la convicción, recursos, tecnología y conocimiento para aprovechar los recursos del subsuelo.-Poseen títulos mineros y ambientales.-Cuenta con personal autorizado y experto en explotación de recursos mineros.	<ul style="list-style-type: none">-Evasión al pago de impuestos, regalías y cargas tributarias establecidas por el Estado.-No cumplen con las exigencias administrativas.-Los recursos producto de la extracción mineral se obtienen en corto periodo de tiempo.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none">-Debe pagar impuestos, regalías y cargas tributarias establecidas por el Estado.	<ul style="list-style-type: none">-En su mayoría el personal es inexperto, muy joven y con poca experiencia.-No poseen títulos mineros ni ambientales.

-
- Está expuesta a operativos y redadas por parte de la Policía y Militares para acabar con la actividad.
 - Debido a que no cuentan con protección de seguridad tienen una mayor exposición al mercurio, por ende, tienen mayores riesgos de salud.
 - No poseen garantías laborales

Fuente: (Autores, 2015)

1.2.2. EXPLOTACIÓN DE ORO

El oro es un metal que se encuentra en los filones y se presenta en Estado nativo en forma de láminas, escamas y agujas y en tamaños generalmente entre los 10 y los 300 micrones; cuando los tamaños son superiores, originan las denominadas pepitas, granos y cochanos; adicionalmente, el oro se encuentra en compañía de otros metales formando minerales en asocio con plata, telurio y selenio (silvanita, krennerita, calaverita, petzita, nagoyita, entre otros) muy difíciles de tratar; así mismo, el oro viene acompañado de sulfuros de cobre, zinc, hierro, plomo, arsénico, antimonio y muchos otros de las tierras raras (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)

La minería artesanal es selectiva; por su baja capacidad de procesamiento beneficia vetas y filones que por un lado contengan concentraciones altas de oro, y por otro, que el oro

libre contenido en ellas sea de tamaño medio y grueso; es decir, aquel que está por encima de 40 micrones; estas circunstancias conllevan a aprovechamiento de filones incluso de algunos centímetros, pero también a pérdidas de mineral entre el 60% y 70%; muchos depósitos, aunque con buenos tenores de oro, no son explotados por los pequeños mineros artesanales ya que los contenidos de metal no muestran suficientes cantidades de oro libre (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

Para la extracción de oro en la actividad minera se utiliza normalmente grandes cantidades de mercurio para procesar el mineral. A pesar de que en la minería artesanal es en menor cantidad igualmente es expuesto al ambiente y llega a contaminar los cuerpos de agua debido a su proceso en la actividad y ciclo biogeoquímico (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente).



*Figura 3. Hallazgo de oro en forma granular.
Fuente: (Pérez V. M., 2011)*

1.2.3. MINERÍA EN EL AMAZONAS COLOMBIANO

La economía de la Amazonia ha estado basada en la primacía de una economía extractiva de recursos naturales renovables y no renovables, como la madera y los recursos mineros y petroleros. La minería ilegal de oro, ha convertido a la región de la Amazonía en un área de interés para las organizaciones artesanales debido a la baja presencia por parte de entidades del Estado.

La presencia de los buscadores de minerales (garimpeiros) en las fronteras constituye otro problema social y ambiental. La vitalidad institucional de los resguardos demanda seguridad jurídica sobre sus tierras, lo que en algunos de ellos implica que se congele la frontera de colonización, y que las comunidades tengan gobernabilidad sobre sus territorios. Hoy los resguardos enfrentan renovados problemas: el impacto de la minería ilegal, en especial de oro; la superposición de algunos resguardos con parques naturales nacionales; los conflictos entre grupos por el uso de recursos naturales; y la gobernanza de los extensos territorios. La región amazónica comparte una unidad y problemas que la afectan como tal, pero la visión de las políticas debe desarrollar elementos diferenciados para las distintas subregiones, que presentan distintas dinámicas, historias, presiones y alternativas (Ramirez, 2013).

1.2.4. IMPACTOS GENERADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA

La minería de oro genera una gran cantidad de impactos debido principalmente al uso de mercurio y la contaminación que genera este metal en los cuerpos de agua, siendo este recurso en muchas ocasiones la principal fuente de alimentación para muchas comunidades las cuales son las primeras afectadas por esta contaminación. En el ANEXO H se plantea la

Matriz de Leopold, método para evaluar los impactos y en la siguiente tabla se exponen los diferentes impactos que genera esta actividad en un ámbito social, ambiental y para la salud.

Tabla 3. Impactos asociados a la minería de oro.

	Impactos
Ambientales	<p>Entre los impactos ambientales más relevantes provocados por la pequeña minería se encuentra la contaminación con mercurio y cianuro, la eliminación directa de relaves y efluentes en los ríos, el daño en los ríos en áreas aluviales, los ríos convertidos en cienos, el daño por erosión y deforestación, y la destrucción del paisaje. Por lo general los daños que se causan al ambiente por la actividad minera, se generan a largo plazo o son poco visibles, ya que los mineros artesanales no cuentan con información sobre los métodos disponibles para reducir los impactos y hay una falta de incentivos para efectuar cambios (Heck & Tranca, 2014).</p> <p>La minería es la actividad de origen antrópico que mayor impacto está causando sobre los recursos naturales del país. según Parques Nacionales Naturales de Colombia (Oficio DGGJU 008447, 23 de septiembre 2010), al menos en el interior de cinco parques nacionales naturales y un santuario de flora y fauna se están explotando de manera ilegal recursos mineros. De igual forma, en las zonas de páramo, en Colombia, la minería afecta, en el momento, aproximadamente el 3% de los páramos del país, es decir, alrededor de 42,000ha (Suarez, 2011).</p> <p>Adicionalmente, la extendida explotación aurífera de aluvión en varias regiones del país, en donde se usan de manera anti-técnica y desmedida</p>

Ambientales

agentes químicos como el mercurio y el cianuro para la recuperación del oro, ha traído nocivas e irrecuperables consecuencias sobre el ambiente, a como es el caso de los municipios de Segovia, Remedios y Zaragoza, del departamento de Antioquia, se encuentran concentraciones de mercurio en el aire y en las fuentes hídricas, 1000 veces superiores a las permitidas por los estándares internacionales (Suarez, 2011).

Sociales

En Colombia la minería en pequeña escala ha sido una vía para sobrevivir a las precarias condiciones económicas de quienes la practican, incidiendo de esta forma en el modo de vida, cambiando costumbres de subsistencia y tradiciones propias de la comunidad.

En cuanto a las condiciones de trabajo, es preciso mencionar que los entornos de seguridad en las que se desarrolla la minería ilegal son precarios. Al tratarse de una práctica típicamente informal, con pleno desconocimiento técnico y científico de la extracción de minerales, resulta fácilmente deducible un flagrante incumplimiento de las normas mínimas de seguridad que debe comportar esta actividad (Heck & Tranca, 2014)

Sobre la salud

La minería puede traer numerosos problemas a la salud del ser humano, cuando en su proceso de explotación y extracción, no se cumplen con las condiciones apropiadas de seguridad, protección, prevención, entre otros. Tratándose del mercurio como elemento de extracción del oro, este no es absorbido fácilmente por la piel o por el tracto gastrointestinal, razón por la cual, los efectos adversos en la salud se generan, en mayor proporción, cuando en forma gaseosa sus vapores son absorbidos a través de los pulmones. Este tipo de exposición en la minería aurífera puede ocurrir durante la quema de la amalgama realizada en el proceso de recuperación de

oro (Heck & Tranca, 2014).

Sobre la salud

Todas las formas de Hg se transforman en Hg_2^+ en el agua por reacción con O_2 . Además, existe Hg_2^+ de su propia incorporación por el ciclo del agua. El Hg_2^+ se metila en cuerpos de aguas marinas, estuarios, lagunas, ríos, entre otros, bien por metilación aeróbica o por metilación anaerobia de especies de bacterias. Especies de pseudomonas son capaces de reducir las formas oxidadas de Hg_2^+ a Hg_0 , en un proceso anaeróbico que genera su sedimentación. Los humanos estamos expuestos al mercurio mediante diferentes rutas y de diferentes formas. La población en general está principalmente expuesta por vapores ambientales y los alimentos de la dieta. Es decir que las tres vías principales de envenenamiento por Hg son la inhalatoria, oral y dérmica/ mucosa (Osores Plenge, Grández Urbina, & Luque, 2010).

La OMS considera aceptable una concentración en el agua de 0,001 mg/L y una ingesta semanal tolerable de 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de Hg total y 3,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de MeHg. Se consideran niveles normales de Hg en sangre los inferiores a 10 $\mu\text{g}/\text{l}$ y en orina de 20 $\mu\text{g}/\text{l}$ (Osores Plenge, Grández Urbina, & Luque, 2010)

A continuación, se describe de forma más detalladas los impactos y efectos del mercurio en la salud humana:

1.2.5. EFECTOS DEL MERCURIO EN LA SALUD HUMANA

El compuesto orgánico de mercurio conocido como metilmercurio es sumamente tóxico y tal vez la forma más peligrosa de este veneno, se concentra en los alimentos, especialmente pescados, tanto de agua salada como dulce, mariscos y otros comestibles vegetales y animales de la cadena trófica alimenticia; pasa a través del epitelio digestivo y de allí, a las membranas biológicas de los demás tejidos del organismo para afectar importantes vías enzimáticas. Los riñones y cerebros en el adulto son los principales puntos de concentración. (Osores Plenge, Grández Urbina, & Luque, 2010), lo cual puede incluir daños sutiles en la memoria visual, atención y velocidad en las respuestas visuales, auditivas y psicomotoras, perdida reversible de la capacidad para distinguir colores, además de inflamaciones severas de la piel, entre otros efectos (Olivero & Johnson, 2002)

El feto y los recién nacidos son sumamente sensible al metilmercurio, en especial su Sistema Nervioso Central (SNC). En los seres humanos, el MeHg tiene en promedio una vida biológica media de 70 días en todo el cuerpo. Hay que destacar que, dentro de las cadenas tróficas, el mercurio sufre procesos de bioconcentración, principalmente en los animales marinos y en ciertos productos vegetales, lo que hay que tener muy en cuenta como fuente de contaminación y envenenamiento humano por biomagnificación (Osores Plenge, Grández Urbina, & Luque, 2010).

Desde el punto de vista toxicológico, existen tres formas de mercurio: mercurio elemental, mercurio inorgánico (sales de mercurio y óxido de mercurio) y mercurio orgánico. Cada una de estas especies químicas de mercurio posee espectros diferentes de toxicidad, aunque todas ellas tienen en común su capacidad de inducir cambios en los sistemas neuronales de los humanos (Alvarez, Sotero, Brack, & Ipenza, 2011) (Olivero & Johnson, 2002).

La exposición al mercurio, ya sea industrial o ambiental, puede ser diagnosticada a través de análisis de laboratorio, particularmente en sangre, orina y cabello, por lo general es considerado que el límite superior de una concentración sanguínea normal de mercurio es de 3 a 4 $\mu\text{g}/\text{dL}$. Un valor mayor de 4 $\mu\text{g}/\text{dL}$ debe evaluarse como anormal en adultos. La distribución de mercurio total entre eritrocitos y el plasma puede indicar si el paciente ha sido intoxicado con mercurio orgánico o inorgánico, ya que el metilmercurio es concentrado en estas células, no haciéndolo así el mercurio inorgánico. La medición de mercurio total en eritrocitos permite una mejor estimación de la carga corporal de metilmercurio que la del mercurio inorgánico. Por otro lado, el cabello humano es un excelente indicador de la intoxicación crónica con mercurio debido a que en él abundan grupos sulfhidrilos y la concentración del metal es aproximadamente 300 veces mayor que la encontrada en sangre (Olivero & Johnson, 2002).

1.3. USO DE MERCURIO EN LA ACTIVIDAD MINERA

1.3.1. GENERALIDADES DEL MERCURIO

El mercurio es el elemento metálico de peso atómico 200,61 g/mol presente en la naturaleza en diferentes especies químicas: mercurio de tipo elemental o metálico (Hg_0), y de tipo inorgánico (Hg^+ , Hg^{2+}) y las orgánicas, es decir, aquellas que involucran átomos de hidrógeno y carbono. El mayor o menor efecto tóxico del mercurio depende de su forma química y de la vía de exposición; el metilmercurio (HgCH_3) y el dimetilmercurio ($\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$) son las formas orgánicas más tóxicas que afectan al sistema inmunológico, alteran los sistemas genéticos y enzimáticos, y dañan el sistema nervioso, incluyendo la

coordinación y los sentidos del tacto, el gusto y la vista. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)

El mercurio no es sólo el más tóxico sino el más intrigante de los metales, pues de él no se conoce que sea esencial para algún proceso metabólico y se acumula en la mayoría de los seres vivos. Este metal ocurre naturalmente en una variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos, no solo en estado sólido o disuelto, sino también líquido y en fase gaseosa. La transición de mercurio entre estos compuestos y fases es controlada por una multitud de procesos ambientales, que incluyen reacciones fotoquímicas, oxidación y reducción química, transformaciones microbianas y fraccionamiento fisiológico (Jiménez Gómez, 2005).

El mercurio presente en las zonas mineras tiene dos orígenes: el natural y el antropogénico. Si bien en ocasiones se han reportado trazas de mercurio en fuentes de aguas no intervenidas por vertimientos mercuriosos (ya sea de minería, de agricultura o de industria), inclusive sobrepasando los límites permisibles en agua, el fenómeno se explica por presencia de mercurio metálico y de minerales de mercurio en rocas y en casos muy aislados por transportes de corrientes de aire con vapores de erupción de eventos volcánicos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)

De acuerdo a un informe acerca del uso de este metal en la minería de oro artesanal y en pequeña escala realizado por el Programa de Naciones Unidas para el medio ambiente, el mercurio se usa para separar y extraer el oro de las rocas o piedras en las que se encuentra. Este metal se adhiere al oro formando una amalgama que facilita su separación de la roca, arena u otro material, luego se calienta la amalgama para que se evapore el mercurio y quede el oro. La minería del oro artesanal y en pequeña escala es, por sí sola, la mayor fuente de

liberación intencional de mercurio del mundo (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente).

De acuerdo al Ministerio del Ambiente en Perú, por cada kilogramo de oro extraído se emplea 2.8 kilogramos de mercurio, lo que puede dar una idea de la cantidad de desechos que se producen y que directamente van a contaminar el aire, los suelos, las fuentes de agua y los peces. (Alvarez, Sotero, Brack, & Ipenza, 2011)

1.3.2. CICLO BIOGEOQUÍMICO DEL MERCURIO

En la Figura 4 se muestra de forma gráfica el ciclo biogeoquímico del mercurio. El mercurio metálico adicionado al proceso de beneficio del oro y liberado al ambiente como pérdidas de la amalgamación, puede cambiar de forma rápidamente como consecuencia principal de actividad bacteriana y convertirse en formas orgánicas (biometilación). Tal como se aprecia en la Figura 4, los compuestos orgánicos, especialmente el metilmercurio (CH_3Hg^+), pueden entrar en los organismos a partir de la biota acuática en donde se bioacumula y posteriormente concentrarse en la cadena alimenticia (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)

Una vez en los ecosistemas acuáticos y en presencia de oxígeno casi todas las formas del mercurio (incluida la metálica) pueden oxidarse a ion mercúrico Hg^{2+} . El dimetilmercurio se reduce para dar mercurio metálico en un ambiente anaeróbico, gracias a microorganismos como las pseudomonas. La segunda reacción ocurre en aguas continentales o litorales, transformándose el Hg^{2+} en CH_3Hg^+ (metilmercurio) que se bioacumula en los peces y en

($\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$) (dimetilmercurio), desarrollándose por vía aerobia o anaerobia (Jiménes Gómez, 2005).

Cuando el metilmercurio está libre en el agua, puede atravesar las membranas biológicas con facilidad por lo que se incorpora rápidamente a las cadenas tróficas acuáticas. Esta facilidad para atravesar las membranas lipídicas unida a su liposolubilidad y a su afinidad por los grupos sulfhídricos de las proteínas hace que el metilmercurio sea muy peligroso para los seres vivos (Jiménes Gómez, 2005).

El metilmercurio en los ecosistemas es originado principalmente a partir de la metilación del mercurio inorgánico por bacterias aerobias y anaerobias. En general, todas las formas de mercurio que entran en los sistemas acuáticos pueden convertirse en metilmercurio, el cual puede ser directamente bioacumulado por organismos acuáticos y biomagnificado a través de la cadena alimenticia. Alrededor del 90 % de todo el metilmercurio presente en los alimentos es absorbido a través del sistema digestivo, tanto en el hombre como en los animales (Olivero & Johnson, 2002).

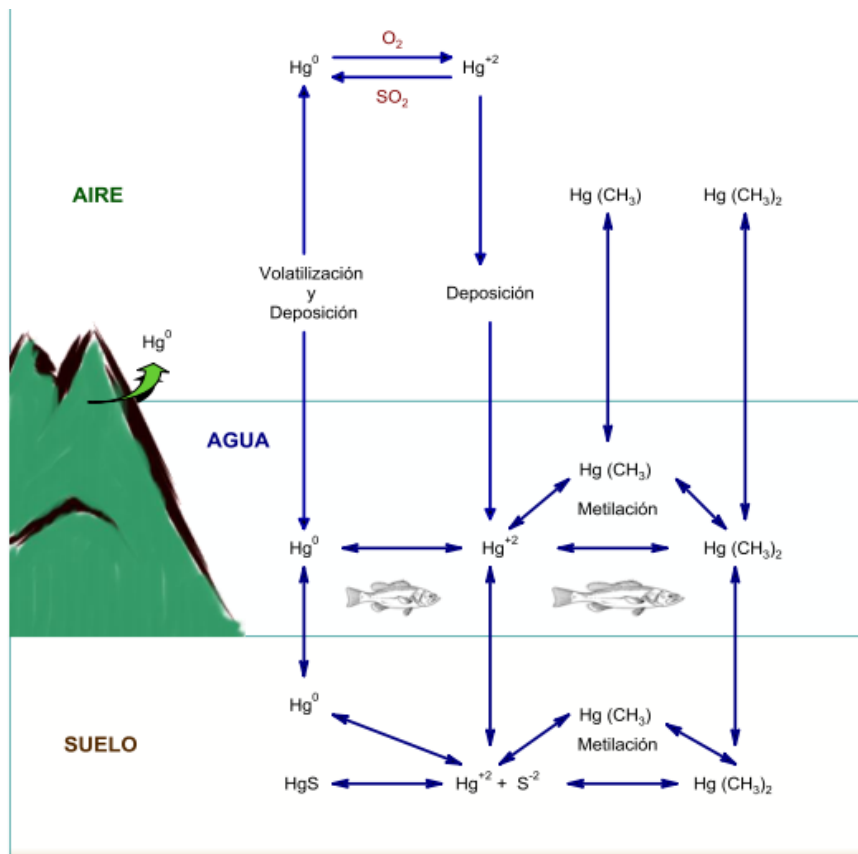


Figura 4. Ciclo biogeoquímico del mercurio.
Fuente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)

1.3.3. EL USO DE MERCURIO EN LA MINERÍA ARTESANAL Y DE PEQUEÑA ESCALA (MAAPE)

No toda la minería artesanal y de pequeña escala (MAAPE) utiliza el mercurio en los procesos de beneficio del oro; algunos mineros han reemplazado el mercurio por cianuro y han implementado y mejorado los métodos de concentración para evitar, o por lo menos disminuir el uso de este metal. Sin embargo, principalmente a nivel de la minería artesanal de filón, el mercurio sigue siendo utilizado (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)

Diferentes estudios que han realizado en el país distintas entidades tanto del sector gubernamental como privadas, indican que el uso de mercurio varía ampliamente de acuerdo

no solo con las tecnologías y técnicas de explotación y de beneficio de oro empleada, sino también con la tradición del minero y la región donde se lleva a cabo esta actividad minera, dado que ha sido legada de generación en generación. También influye en la cantidad necesaria de este metal la composición mineralógica del material, por ejemplo, su contenido de sulfuros o de cuarzo o el mismo contenido de otros elementos metálicos aparte del oro (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

La pequeña y mediana minería en Colombia utiliza la amalgamación del oro como proceso para su extracción de las rocas que lo contienen. Este proceso es realizado utilizando mercurio elemental, el cual forma aleaciones con varios metales, entre ellos el oro, y de esta forma logra extraerlo del material rocoso, o en este caso los mineros utilizan el mercurio para concentrar el oro de aluvión presente en el cauce del río, una vez formada la amalgama oro-mercurio, esta es calentada y el mercurio elemental evaporado, quedando una mezcla de oro y otros metales en menor proporción. El mercurio evaporado es inhalado directamente por los mineros en varias etapas de la extracción aurífera, especialmente durante la quema de la amalgama, por lo que, en la cadena productiva, los más afectados son los quemadores de esta.

CAPITULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

En este capítulo se entrega una síntesis de la zona en donde se llevó a cabo el proyecto, la topografía y clima del lugar, información sobre la población indígena acentuada sobre el Río Cotuhé, sus costumbres, y la descripción del recorrido realizado hasta el área de la actividad minera.

2.1. GENERALIDADES

El proyecto de investigación se realizó dentro de un tramo del Río Cotuhé, ubicado en el departamento del Amazonas, empezando desde el corregimiento de Tarapacá, lugar donde tiene confluencia este río con el Río Putumayo hasta la comunidad de Buenos Aires a 196 kilómetros aproximadamente desde el casco urbano de Tarapacá.

La zona que se determinó para obtener las muestras de agua fue seleccionada con base a la ubicación actual de las balsas mineras, el cual se encuentran entre dos puntos del Río Cotuhé, desde la comunidad Caña Brava hasta la comunidad de Buenos Aires, sector medio del Río Cotuhé, en la Figura 5 se observa la localización del Río Cotuhé, e hitos importantes como las comunidades Tikunas, el corregimiento de Tarapacá y las balsas que realizan la actividad minera en dicha zona.

Según datos obtenidos por diferentes personas en Tarapacá y en las comunidades indígenas, la ubicación de estas balsas se da probablemente por varias situaciones, una de ellas es porque en esta zona se ha encontrado mayores concentraciones de oro en

comparación a otros puntos, obteniendo así mayor ganancia con respecto a la inversión realizada, otro punto clave de esta ubicación es que se encuentra alejado del casco urbano de Tarapacá, lo que permite una rápida reacción si se organiza un operativo militar y por ultimo debido a que el tránsito de botes de las comunidades no es tan frecuente.

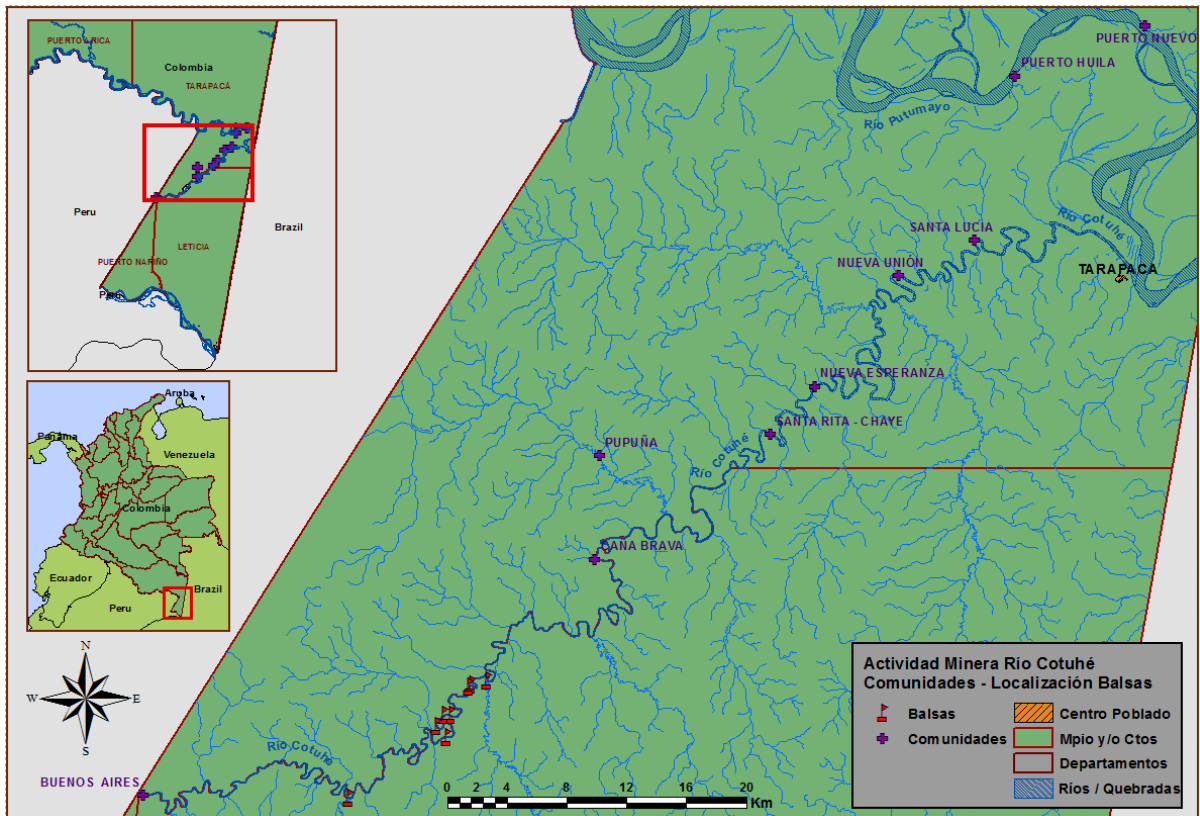


Figura 5. Localización geográfica del Río Cotuhé e hitos importantes
Fuente (Autores, 2016)

2.1.1. CORREGIMIENTO DE TARAPACÁ

2.1.1.1. HISTORIA Y LOCALIZACIÓN

Tarapacá es un corregimiento perteneciente a la etnia Tikuna cuya cabecera está situada en la confluencia del Río Cotuhé y el Putumayo, muy cerca de la frontera con Brasil.

La superficie total es de 14632 km cuadrados y 3950 habitantes, fundado en el año 1909, considerado como un eje económico del departamento, donde prevalecen las actividades primarias, especialmente las relacionadas con el aprovechamiento forestal, con énfasis en la actividad maderera (Rodríguez, Niño, & Segura, 2014). En la Figura 6 se puede observar una fotografía aérea de la comunidad de Tarapacá.

En la Tabla 4 se puede encontrar información general del corregimiento de Tarapacá

Tabla 4. Generalidades del corregimiento de Tarapacá

Corregidor	Rene Narvaes
Fecha de fundación	4 de diciembre de 1952
Fundadores	Indígenas y población peruana
Número de habitantes	2.272 habitantes (censo 2002)
Grupos Étnicos	Tikuna, Huitoto y Bora
Escuelas y Colegios	Internado Villa Carmen, Colegio Villa Carmen
Servicios Públicos	Energía eléctrica (de 1:00Pm – 11:00 Pm)
Comunidades del corregimiento	Ventura (281Hab), Buenos Aires (212 Hab.), Pupuña (267 Hab.), Santa Lucia (34 Hab.), Puerto Nuevo (153 Hab.), Puerto Huila (116 Hab.), Nueva Unión (102 Hab.), Caña Brava (86 Hab.), Tikuna (40 Hab.)

Actividades agrícolas	Cultivos de yuca, plátano, maíz, arroz, ganado bovino, porcino, aves de postura, pesca y caza
Principales atractivos turísticos	Visita a los lagos, pesca, avistamiento de aves, canotaje, avistamiento de caimanes entre otros.
Ríos	Río Cotuhé y Putumayo
Instituciones de control	Base militar y Puesto de Policía

Recuperado en el 2015 de la Gobernación del Amazonas



*Figura 6. Comunidad de Tarapacá.
Fuente: (Cano, 2013)*

2.1.1.2. TOPOGRAFÍA Y CLIMA

El clima es uno de los elementos que mayor influencia tiene en la biología del Departamento de Amazonas, pues la interacción de éste elemento permite la generación de distintos tipos de relaciones ecológicas propias de la selva húmeda, que es el ecosistema que

cubre la mayor parte del territorio. El elemento de mayor predominio para la caracterización del clima de esta sección del país es la precipitación, tanto en su distribución espacio temporal, como en su intensidad. El clima del Departamento de Amazonas, se caracteriza por las altas temperaturas y las frecuentes lluvias.

La región se ubica en toda la zona de convergencia intertropical, entre los meses de diciembre a mayo presentan los mayores valores pluviométricos, con un régimen de lluvias mono modal; la humedad relativa del aire es alta y la presión barométrica baja. El clima es tropical lluvioso de selva, con variaciones entre húmedo y muy húmedo, con una temperatura oscila entre los 24.7 y 28°C. (Rodríguez, Niño, & Segura, 2014)

La cuenca del río Cotuhé se encuentra ubicada al norte del Parque Nacional Natural Amacayacu, contiene la mitad de las aguas que drenan al río del mismo nombre, que a su vez vierte sus aguas al río Putumayo. Sus principales afluentes son el río Pamaté, la quebrada Jiménez o Manigua, la quebrada Correntillo, el caño Muñeca, la Quebrada Lorena (donde se encuentra la sede de control del Parque Nacional Natural Amacayacu) y las quebradas Pupuña, Pimate y Sucuruyu (Aramburo Calle, 2012).

El clima del Rio Cotuhé posee un régimen de lluvias esencialmente monomodal, con una precipitación media anual de 4.873,6 mm, con un significativo aumento en el mes de diciembre a febrero, y mínimos de mayo a octubre, en la Figura 17 del ANEXO A se presenta el comportamiento de la precipitación (mm) en el rio Cotuhé, con datos desde el año 2008 hasta el 2015, tomadas de la estación de Sta. Lucia (IDEAM), comunidad indígena Tikuna ubicada sobre el rio Cotuhé.

Durante el período seco se registran igualmente importantes cantidades de precipitación que pueden superar los 68,9 mm de precipitación mensual, el número de días de lluvia varía, siendo en promedio de 156,48 días con precipitación al año, siendo enero,

marzo, agosto y diciembre los meses en donde llueve con más preferencia (24 y 25 días con lluvia) y los meses entre mayo y octubre, es donde se presenta los meses con menos días de precipitación (8 y 9 días con lluvia).

Cabe resaltar que la información suministrada por el IDEAM se encuentra con datos faltantes, lo cual genera un margen de error a la hora de analizar el comportamiento de precipitación de la zona estudiada.

2.2. POBLACIÓN TIKUNA

El pueblo Tikuna, se ubica al sur de la Amazonia se extienden desde la desembocadura del río Atacuari entre Colombia y Perú hasta el río Jutáí en el Brasil. En Colombia constituyen uno de los pueblos más numerosos de la Cuenca Amazónica, ocupan todo el trapezio Amazónico, en el corregimiento de Tarapacá. Se asientan en el río Cotuhé, caño Ventura, Santa Lucía, Buenos Aires y en la zona de influencia de Leticia. Sus resguardos son los de San Antonio de los Lagos, San Sebastián, El Vergel, Macedonia, Mocagua y Cothué-Putumayo, en el Departamento del Amazonas (Ministerio de Cultura, 2010).

En la Figura 7 se muestra la ubicación de estas comunidades en el Amazonas Colombiano, peruano y brasilero.

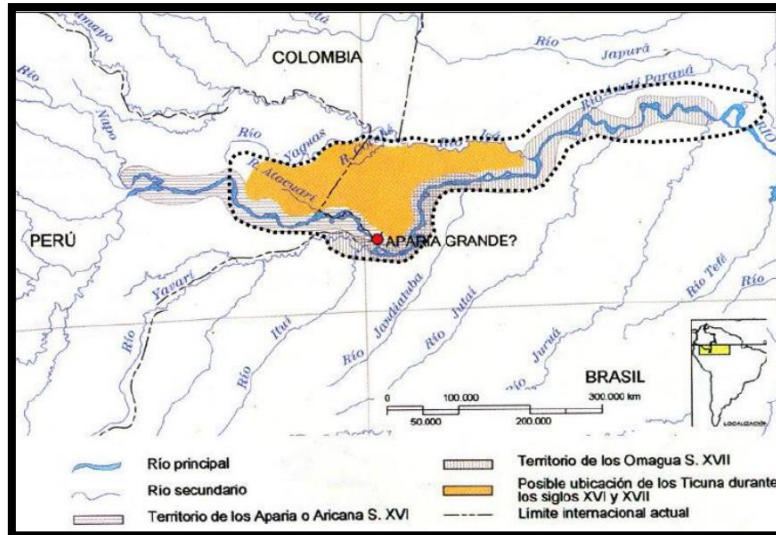


Figura 7. Ubicación de la Población Tikuna en el Amazona.
Fuente: (Aramburo Calle, 2012)

2.2.1. LA MALOCA: ESPACIO DE DESARROLLO Y DESENVOLVIMIENTO DE LA COMUNIDAD INDÍGENA

La casa comunal, adaptada al medio circundante, está construida con materiales de la región, generalmente madera y palma. Su duración puede ser de unos 10 a 15 años. La forma de su planta puede variar entre circular, ovalada o rectangular y su tamaño depende del grupo y del avance tecnológico aplicado en su construcción. La casa comunal ovalada de tamaño grande (unos 25 x 10 m.) capaz de alojar unas 80 personas, requiere de un desarrollo tecnológico considerable.

En términos de la utilización cotidiana, o de los patrones de ocupación, la casa comunal variará según las características de cada grupo. En varias de las malocas amazónicas que han sido estudiadas, el interior de la vivienda colectiva posee lugares específicos para cada grupo familiar y se destaca el sitio que ocupa el jefe o autoridad. La zona de cada familia está marcada por su propio fogón y por las hamacas que ocupan sus integrantes. Sin

embargo, el centro, lugar del fuego sagrado, estará vacío, destinado a albergar acontecimientos comunales o actos rituales periódicos. (Universidad Nacional de Colombia, 2011)



*Figura 8. Maloca de la comunidad Tikuna.
Fuente: (Autores,2015)*

2.2.2. LA CHAGRA: ESPACIO DONDE SE DESARROLLA UNA CONEXIÓN ENTRE LAS MUJERES DE LA COMUNIDAD Y LA NATURALEZA.

Una chagra indígena tradicional en la Amazonia, en el pasado y en el presente, semeja un bosque. La superficie, que casi nunca supera la hectárea, contiene la mayoría de las especies de plantas que la familia indígena requiere para su alimentación y salud, tanto como para la elaboración de sus utensilios y herramientas. (Chaco, 2015)

En los bordes de la chagra están las especies forestales utilizadas como material básico de construcción de la maloca, la casa indígena en forma circular, según su tiempo circular cosmogónico. Como el bosque, la chagra es una arquitectura material y espiritual al

mismo tiempo; todo el manejo de siembra y cosecha está determinado por la naturaleza, la luna, las estaciones, y también el tiempo sagrado. (Chaco, 2015)

La Tabla 5 muestra los diferentes alimentos que se cultivan en la chagra del sur de la Amazonia Colombiana.

Tabla 5. Alimentos cultivados en una chagra

Nombre comun	<i>Nombre científico</i>
Yuca brava	<i>Manhot esculentai</i>
Yuca dulce	<i>Manihot esculenta</i>
Ñame	<i>Dioscorea alata</i>
Yota	<i>Xanthosoma violaceum</i>
Batata	<i>Ipomaea batatas</i>
Plátano	<i>Musa paradisiaca</i>
Piña	<i>Ananas comosus</i>
Ají	<i>Capsicum spp.</i>
Coca	<i>Erythroxilum coca</i>
Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i>
Guaya	<i>Cayaponia sp.</i>
Barbasco	<i>Varias especies</i>
Maraca	<i>Theobroma bicolor</i>
Remedios	<i>Varias especies</i>
Pinturas	<i>Varias especies</i>
Chontaduro	<i>Bactris gasipaes</i>
Cuya	<i>Lagenaria vulgaris</i>
Totuma	<i>Crescentia cujete</i>

Caimo	<i>Pouteria caimito</i>
Guamo	<i>Inga spp.</i>
Uva	<i>Pourouma cecropiifolia</i>
Anón	<i>Rollinia mucos</i>

Fuente: (Ruiz, et al., 2007)

2.2.3. LOS RITUALES: MOMENTOS DE CONEXIÓN CON SERES ESPIRITUALES

En el momento de desarrollar los rituales es en donde los diferentes grupos étnicos dialogan las diferentes situaciones que se presentan dentro de su territorio; actividad en la cual lo nuevo se confronta con lo antiguo, se crean consensos sobre cómo continuar perteneciendo a la comunidad, los rituales se constituyen como el acto social básico en el cual se decide qué se mantiene, qué se incorpora y qué se transforma; es decir, se presenta una construcción colectiva de la identidad y de esta manera se conforma como un acto social por excelencia (Ruiz, y otros, 2007).

2.2.4. COMUNIDAD DE BUENOS AIRES

Pertenece al Resguardo Cotuhé–Putumayo y se encuentra representada por la Autoridades Administrativa Tradicional Indígena CIMTAR. La Autoridad Formal de la comunidad está representada por el curaca. Esta comunidad se ubica en la zona fronteriza Colombo Peruano, en la ribera del Cotuhé, en su margen izquierda, posterior a la Quebrada Pamaté. La extensión que ocupa la comunidad de Buenos Aires, es de aproximadamente 4

kilómetros cuadrados, teniendo en cuenta solo el asentamiento y las chagras que se encuentran en su costado oriental. Cuenta con una población de 210 habitantes entre adultos y niños (Cuadrado González, 2013).

2.2.5. COMUNIDAD DE CAÑA BRAVA

Los habitantes de la comunidad de Caña Brava en su mayoría son de origen Tikuna, actualmente hay 96 habitantes, hablan en Tikuna, aunque entienden el español, realizan actividades como la pesca, la caza, aunque comentan habitantes de esta comunidad que la pesca y la caza ha mermado considerablemente por la presencia de la actividad minera. Cada familia que habita esta comunidad tiene su propia chagra mínimo 1 hectárea, en donde cultivan sus alimentos como plátano, yuca, maíz, piña, ñame, caimo entre otros

En la Figura 9 se observa la comunidad de Caña Brava, localizada al margen del Rio Cotuhé.



*Figura 9. Comunidad de Caña Brava.
Fuente: (Autores, 2015)*

2.3. TRABAJO EN CAMPO

Este ítem abarca la descripción del traslado hasta la ciudad de Leticia en el departamento del Amazonas, Colombia durante el primer viaje por un periodo de 30 días, donde se identificaron los entes de control asociados al tema ambiental, de manera local, para lo cual se desarrolló una visita de inmersión en la ciudad de Leticia y el Corregimiento de Tarapacá, recopilando información en la sede principal del Parque Nacional Natural Amacayacu en Leticia.

Se realizó una reunión con las autoridades civiles y militares ubicado en el corregimiento de Tarapacá con el objetivo de obtener el permiso como estudiantes para acceder a las balsas mineras y no ser afectadas física ni legalmente por las constantes redadas que realiza el ejército a estas. El permiso se solicitó mediante una carta por parte de la Universidad dirigida de manera general al corregimiento de Tarapacá, la cual se puede observar en el ANEXO B. Para poder llegar al corregimiento de Tarapacá se tomaron dos medios de transporte, aéreo y fluvial, pudiendo observar en la Figura 10 un sobrevuelo por la zona.



*Figura 10. Sobrevuelo Tabatinga - Ipiranga.
Fuente: (Autores,2015)*

Se llevó a cabo una evolución diagnóstica e inmersión social dando inicio en el corregimiento de Tarapacá, donde se convivió e interactuó con la comunidad durante 7 días, en la cual se realizó una reunión con el representante y algunos trabajadores de la asociación minera El Dorado del Sur, donde se expusieron los motivos por los cuales llevan a cabo esta actividad, el problema de las redadas de la policía, el interés por obtener apoyo por parte del estado con otras fuentes de empleo y la problemática social y ambiental que pueden estar ocasionando. Al final de esta reunión, se pactó realizar una visita a las balsas que estaban en la zona por la temporada y poder evidenciar en campo como realizan la extracción de oro, como es el uso de mercurio, el estado de los trabajadores y los impactos ambientales que pueden generar a simple vista.

Durante el recorrido por la ribera del Río Cotuhé, se observaron 5 balsas mineras antes de llegar a la balsa en la cual se podría observar el proceso de extracción de oro. Esta balsa estaría ubicada a pocos metros de la comunidad indígena de Caña brava, la cual ha tenido un mayor contacto directo con la actividad minera. Se visitaron otras comunidades como Santa Lucía y Nueva Unión donde se realizó una reunión con el Curaca y varios integrantes de cada comunidad, donde se expusieron las diferentes problemáticas que presentan por parte de la presencia de la actividad minera en esta zona. Las fotos e información recopilada de las reuniones se podrán encontrar en el ANEXO C.

En la Figura 11 se puede observar las condiciones de cómo y donde trabajan los mineros, condiciones con las que se deben alimentar y vivir por varias semanas, ya que los trabajadores pueden llegar a trabajar por largos periodos de tiempo en las balsas aprovechando lo que ellos llaman como “buena temporada”, tiempo en el cual el río presenta menor caudal y hay más posibilidad y facilidad de encontrar oro. En esas imágenes se puede observar el reducido espacio donde deben convivir y trabajar los mineros por largos periodos de tiempo.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 11. Interior de una balsa minera artesanal sobre el Río Cotuhé: Comedor (a), techo y soporte de la balsa (b), Cocina (c) y ubicación de las hamacas donde se deben acomodar para dormir (d). Fuente: (Autores,2015)

2.3.1. PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ORO EN LAS BALSAS DE MINERÍA ARTESANAL

En el diagrama presentado a continuación se muestra el proceso de extracción de oro evidenciado en campo, en el cual se presentan las imágenes y explicación paso a paso de cómo se obtiene el oro en estas balsas mineras artesanales.



*Figura 12. Proceso de extracción de oro en la minería artesanal en el Río Cotuhé.
Fuente: (Autores, 2015)*

1. Se enciende el motor de la balsa que succiona el agua, junto con el compresor de aire para la respiración del buzo.
2. Se sumerge el buzo al lecho del río con ayuda del peso de un costal de arena para poder permanecer en el fondo del cuerpo de agua.
3. El buzo inicia la succión de material del lecho del río, a través de una manguera de 6” pulgadas; dicho material pasa sobre el geotextil no tejido el cual se encuentra sobre una plataforma con una leve pendiente con el fin de que el material de oro fino al igual que sedimentos y piedras pequeñas quede atrapados en este.
4. Se recogen muestras de material de forma periódica para monitorear la presencia de oro fino que descende por el Geotextil no tejido, haciendo uso de una culla, esto les permite identificar si la zona donde están operando produce la suficiente cantidad de

oro que justifique la inversión, o de lo contrario moverse a otro sitio que les brinde mayor producción.

5. El Geotextil no tejido donde se recogió el material del lecho junto con el oro es retirado y lavado en un contenedor de plástico.
6. Se agrega el mercurio al contenedor de plástico para formar una amalgama de oro y mercurio, y así ser retirado con facilidad el metal y separarlo de los otros materiales.
7. El oro junto con el mercurio se deposita en una retorta que va conectado a un cilindro de gas, que cuenta con un tubo que se introduce en un tarro con agua, quedando el oro en la parte interna de la retorta y en el tarro con agua se recupera el mercurio que se volatiliza, producto del calor.

En el proceso de la retorta, se tiene en cuenta que el mercurio evapora a una temperatura de alrededor de 360 °C. Por lo tanto, la amalgama debe ser calentada a una temperatura mayor para evaporar el mercurio y el oro permanecer en la retorta como producto final.

CAPITULO III. MARCO LEGAL

En este capítulo se entrega el marco normativo que concierne con el proyecto, teniendo en cuenta las diferentes áreas afectadas, como social, ambiental, y sanitaria.

Tabla 6. Normatividad asociada a la actividad minera

Área minera		
NORMA	TITULO	INCIDENCIA EN EL PROYECTO
Ley 685 de 2001	Por el cual se expide el código de Minas y se dictan otras disposiciones. Ley minera aplicable en Colombia a partir de 2001	En esta norma se establecen las zonas de minería restringidas, como las localizadas en zonas con presencia indígena o donde estas comunidades se puedan llegar a ver afectadas, y tener en cuenta la protección y participación de estos grupos asentados en dichos territorios.
Ley 1453 de 2011	Se reforma el Código penal	Esta ley eleva sanciones al que provoque, contamine o realice directa o indirectamente extracción o exploración de la actividad minera o hidrocarburos. Adicional a esto también se sancionará a los que realicen invasión de áreas de especial importancia ecológica, que realice uso indebido de los recursos naturales.

Decreto 2636 de 1994	Legalización de explotaciones de hecho de pequeña minería.	Este decreto establece las directrices para la legalización de la pequeña minería.
Decreto 2715 de 2010	Legalización de minería tradicional 2010	En este decreto la Autoridad Minera legalizará la actividad llevada a cabo por aquellos explotadores, grupos y asociaciones, que acrediten ser mineros tradicionales. Este decreto permite conocer los lineamientos a tener en cuenta para lograr legalizarla actividad minera.
Convenio 027 de 2007	Política y reglamentación de Minería	Este convenio establece las Directrices de la minería artesanal y de pequeña o mediana escala.
Glosario Técnico Minero de 2003	Ministerio de Minas y Energía	Definición de clases de minería, ocasional, subsistencia, artesanal y Barequeo. Este glosario se tuvo en cuenta para conocer los conceptos que se utilizan en la actividad minera.
NORMA	TITULO	INCIDENCIA EN EL PROYECTO
Área ambiental		
Ley 99 de 1993	Creación del Ministerio del medio Ambiente, se reordena el Sector Publico encargado de la gestión y conservación	Esta norma determina las directrices ambientales mínimas y las regulaciones de carácter general sobre medio ambiente a las que deberán sujetarse la minería y otras actividades.

	del medio ambiente y los recursos naturales renovables	
Ley 1333 de 2009	Establece el procedimiento sancionatorio ambiental	Esta ley establece el procedimiento sancionatorio ambiental, para imponer y ejecutar las medidas preventivas en materia ambiental que se requiere en el país, con el fin de evitar la continuación o realización de acciones en contra del ambiente los recursos naturales y la salud humana.
Decreto ley 2811 de 1974	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.	El presente código regula el manejo de los recursos naturales renovables, las relaciones que surgen del aprovechamiento y conservación de tales recursos y del ambiente.

Área social

NORMA	TITULO	INCIDENCIA EN EL PROYECTO
Ley 70 de 1993	Política para mancomunidades afrocolombianas	Esta Ley tiene hace referencia de los recursos mineros, y como el Ministerio de Minas y Energía podrá señalar y delimitar en las áreas adjudicadas a las comunidades negras zonas mineras en las cuales la exploración y la explotación de los recursos naturales no renovables deberá realizarse bajo condiciones técnicas especiales sobre protección y participación de las comunidades, con el fin de preservar sus especiales características

		culturales y económicas.
Convenio OIT 169	Convenio sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes.	Este convenio hace hincapié en los derechos de trabajo de los pueblos indígenas y tribales, el derecho a la tierra, al territorio, a la salud, y a la educación. Protegiendo sus prácticas sociales, culturales y espirituales y define la importancia especial de su relación con la tierra, las actividades económicas tradicionales para su cultura.

Área sanitaria

NORMA	TITULO	INCIDENCIA EN EL PROYECTO
Decreto 1594 de 1984	Reglamenta en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.	Este decreto establece los criterios de calidad admisible del recurso, para el consumo humano y animal en donde el mercurio este presente. <i>Artículo 20:</i> Considera al mercurio como sustancia de interés sanitario.
Norma Técnica Colombiana NTC 813	Esta norma establece los requisitos físicos, químicos y microbiológicos que debe cumplir el agua potable.	Esta norma establece el valor máximo permisible de mercurio para consumo humano
Resolución 2115 de 2007	Por medio del cual se señalan características,	Esta norma se establece los valores máximos permisibles para parámetros físicos, químicos

instrumentos básicos y y microbiológicos en el agua para consumo
frecuencias del sistema humano.
de control y vigilancia *Artículo 5:* en el cual establece el valor
para la calidad del máximo aceptable de mercurio para consumo
agua para consumo humano (0,001 mg/l Hg).
humano.

La normatividad presentada determina varios puntos importantes a tener en cuenta con respecto a la actividad minera artesanal de oro aluvión llevada a cabo en la zona de estudio, dado que ésta reglamenta las diferentes acciones en cuanto a la explotación del recurso mineral, a partir de ella se pueden presentar medidas sancionatorias hacia los que practiquen esta actividad, la normatividad también determina los criterios a tener en cuenta para legalizar la actividad minera tradicional y de pequeña escala, y establece las directrices para que dicha actividad sea llevada a cabo de la mejor manera sin ocasionar mayores impactos al ambiente y a las comunidades presentes en las áreas de influencia directa e indirecta.

En este proyecto fue determinante conocer las restricciones que establece la ley 685 de 2001, con respecto a la actividad minera artesanal en esta zona, dado que la actividad se encuentra demarcada dentro de territorio del PNN Amacayacu, además de contar con la presencia de comunidades indígenas Tikunas, siendo esta zona restringida para efectuar extracción aurífera.

La ley 1453 de 2011 permitió reconocer las implicaciones que pueden presentar los trabajadores mineros presentes en el Río Cotuhé, dado a que algunas balsas que llevan a cabo esta actividad ilegal, es financiada por extranjeros de nacionalidad peruana y brasilera, lo que

implica una infracción en la violación de fronteras para la explotación o aprovechamiento de los recursos naturales, puesto que el extranjero que realice actividad minera dentro del territorio nacional, de aprovechamiento, explotación, exploración o extracción de recursos naturales también incurrirá en actos sancionatorios.

Con el conocimiento del decreto 2636 de 1994 y el decreto 2725 de 2010, se puede plantear alternativas para la mitigación de impactos dado que, si se realiza el debido proceso para la legalización de la actividad minera de hecho, se puede desarrollar medidas que atenúen los impactos que esta actividad ocasiona.

En este marco normativo también se presenta los valores máximos permisibles del mercurio para consumo humano, uso pecuario y la presencia de este en aguas dulces, lo que permitió comparar con los valores obtenidos de mercurio en las muestras recolectadas sobre el Río Cotuhé, así como las medidas para regular el manejo de los recursos naturales renovables, y las relaciones que se presenta entre las comunidades que habitan la zona con la actividad.

CAPITULO IV. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO Y ANÁLISIS

Este capítulo entrega el procedimiento que se llevó a cabo para la recolección de las muestras de agua en el segundo viaje realizado hasta el Río Cotuhé, para su posterior transporte hasta el laboratorio en Bogotá donde se realizarían los análisis de mercurio.

4.1. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE AGUA EN EL RÍO COTUHÉ

Para el segundo viaje hasta el Corregimiento de Tarapacá, con el objetivo de realizar la obtención de muestras de agua, se llevó a cabo el mismo recorrido para llegar a la comunidad de Tarapacá y el Río Cotuhé descrito en el (CAPITULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO). En esta oportunidad, el viaje se realizó por un total de 7 días, trasladando los equipos mencionados en el protocolo del ANEXO D. Para llevar a cabo este proceso se tuvo en cuenta criterios descritos en el ANEXO A.

Para determinar el grado y la extensión de la contaminación producida por el uso de mercurio debido a la minería artesanal de oro de aluvión en el tramo Caña Brava- Buenos Aires, se tomaron en total 6 muestras puntuales en el mes de junio de 2016; las muestras fueron tomadas de acuerdo con la metodología propuesta por el (IDEAM, 2009), el cual sugiere un muestreo puntual a corrientes superficiales que presenten buena mezcla y un ancho menor a 100 metros, las cuales fueron recolectadas en un mismo día, cerca y dentro de donde se concentraba la actividad minera Figura 13. Las muestras de agua fueron recolectadas en botellas de vidrio ámbar, y preservadas con Ácido Nítrico (HNO_3) concentrado hasta pH menor a 2 y refrigerado a (4°C), también se determinaron parámetros

como conductividad, temperatura del río y turbidez, adicionalmente en cada lugar donde se obtuvo la muestra, se tomó las coordenadas geográficas.

La definición del tipo de muestreo partió del hecho que era necesario determinarlo teniendo en cuenta las dificultades que se presenta al mantener una cadena de custodia que permita conservar las muestras seguras y confiables.

Los datos obtenidos se pueden observar en la Tabla 7.

En la Figura 14 se puede observar la ubicación de donde se recolectaron de muestras en el Río Cotuhé.



Figura 13. Obtención de las muestras de agua en el Río Cotuhé Llenado de la botella (a), Botella con la muestra (b), Medición de pH en campo (c). Fuente: (Autores,2016)

4.2. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN PRIMARIA

Las muestras tomadas en campo fueron transportadas desde el Corregimiento de Tarapacá hasta el municipio de Leticia y de allí a Bogotá, para ser finalmente dispuestas en el laboratorio de Servicios Geológicos Integrados (SGI Ltda), luego de un transporte de 5 días (estipulados por el laboratorio como máximo 28 días), donde las muestras permanecieron debidamente preservadas y refrigeradas, cumpliendo con la cadena de custodia (ANEGO G)

4.3. TÉCNICA DE LABORATORIO UTILIZADA PARA EL ANÁLISIS DE MERCURIO

De acuerdo a un estudio comparativo realizado por la Universidad Nacional de Colombia, determinó que la técnica adsorción atómica por generación de hidruros, puede ser efectiva para la cuantificación de mercurio, dado a la exactitud, precisión, límite de cuantificación, linealidad y sensibilidad que esta presenta.

La técnica empleada para el análisis de mercurio absorción atómica con generador de hidruros, es un método de atomización aplicable a la determinación de mercurio, ya que es el único elemento metálico que tiene una presión de vapor apreciable a temperatura ambiente, requiere únicamente de la óptica del equipo (se utiliza sin llama) y la reacción externa (donde se libera el mercurio de la matriz) se lleva a cabo en un generador de hidruros, con celdas y reactores diferentes a los empleados con los demás metales que se analizan por este método (Sanchez Rodriguez, 2009).

Para un detallado conocimiento sobre la técnica ver el ANEXO E

CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se encuentran los resultados in-situ y ex-situ obtenidos para el muestreo realizado sobre el Río Cotuhé, además de un análisis donde se permite relacionar estos con la actividad minera llevada a cabo en la zona de estudio.

5.1. NIVELES DE MERCURIO OBTENIDOS EN LABORATORIO

En la siguiente tabla se puede observar los resultados obtenidos de los parámetros medidos.

Tabla 7. Resultados obtenidos de parámetros para cada punto de muestreo

N.	Coordenadas	pH	T	Conductividad	Turbiedad	Mercurio
Muestra			(°C)	(mS)	(NTU)	Total (mg/L)
1	E 70°07'30,8" N 3°07'42,2"	3,83	25,1	0,02	26,30	<0,001
2	E 70°08'06,7" N 3°07'53,2"	3,73	25,2	0,01	26,28	0,002
3	E 70°08'08,3" N 3°08'01,0"	3,28	25,4	0,02	24,56	<0,001
4	E 70°08'15,7" N 3°08'06,6"	3,26	25,5	0,02	26,71	0,002
5	E 70°08'57,5" N 3°08'39,1"	3,23	25,2	0,01	25,69	<0,001
6	E 70°08'38,4" N 3°08'52,1"	3,36	25,6	0,01	27,25	0,003

En el ANEXO I se pueden observar los resultados de mercurio obtenidos en el laboratorio para cada muestra de agua.

De las muestras de agua tomadas en el tramo Caña Brava- Buenos Aires, del Río Cotuhé, donde se ubica actualmente la actividad minera artesanal de oro de aluvión, en tres puntos se obtuvo una mayor concentración, arrojando valores de entre 0,002 a 0,003 mg/L Hg y en los otros tres puntos se reportó un valor igual al límite de detección del equipo < 0,001mg/L Hg, esto último pudiéndose atribuir a que al ser un análisis en muestras de agua, la fracción de mercurio soluble es menor que la fracción del mercurio particulado aproximadamente el 5,5% (Gomez, 2013), lo cual influye en que se detecten bajos niveles de mercurio en la columna de agua en comparación de lo que se podría obtener en una muestra de sedimentos y en las especies de fauna y flora, debido al mercurio ser bioacumulable también se encuentran niveles mayores en comparación a los obtenidos en una muestra de agua, pero esto no necesariamente indica que la contaminación en el recurso hídrico sea baja.

Por tratarse de agua cruda superficial, los resultados fueron comparados con los lineamientos establecidos en la resolución 2115 de 2007, dando como resultado que las muestras número 1, 3 y 5 se encuentran en el límite de los valores permisibles para consumo humano, siendo este de 0,001mg/L Hg, y las muestras 2, 4 y 6 superan el límite aceptable, siendo ésta agua usada por las comunidades indígenas como fuente de abastecimiento tanto para uso doméstico como para su consumo.

En la Figura 14 se ilustra la ubicación en donde fueron obtenidas las muestras y su respectivo resultado para mercurio en cada punto.

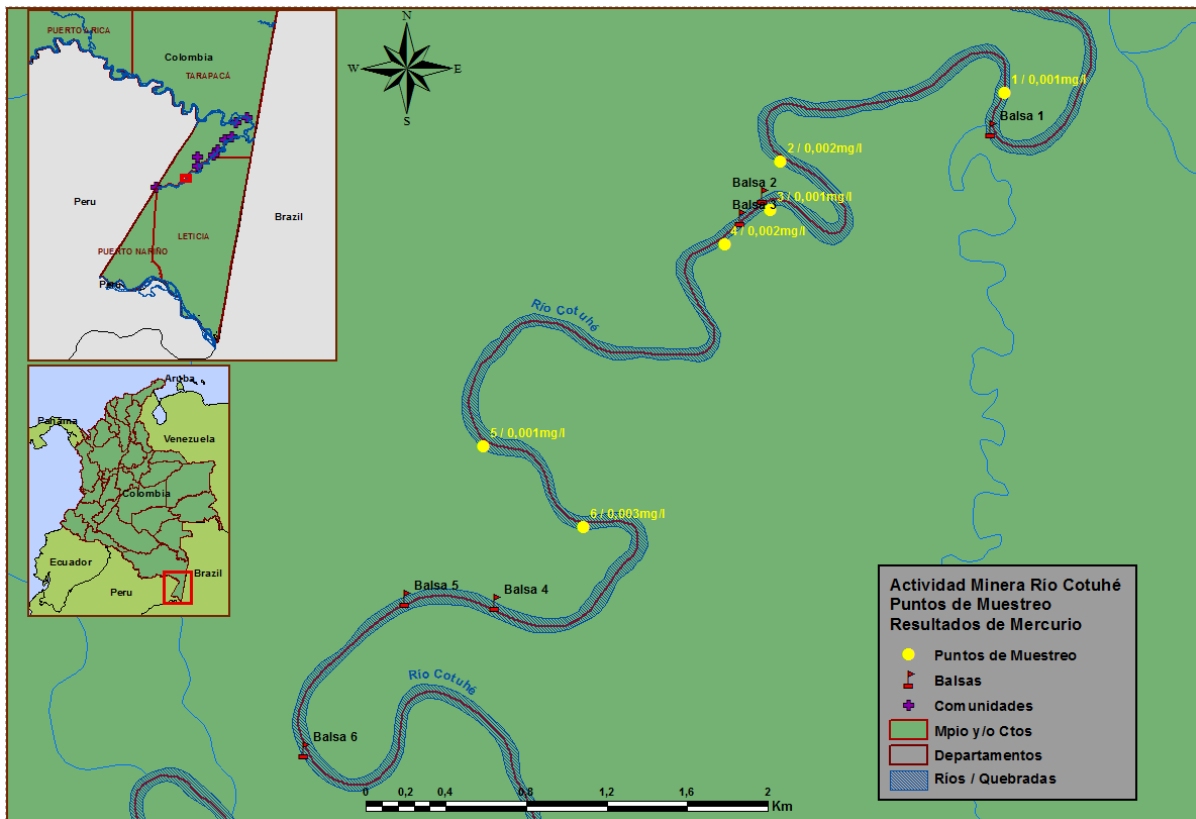


Figura 14. Ubicación de los puntos de muestreo.
Fuente (Autores,2016)

Si se compara los valores obtenidos en las muestras de agua del Río Cotuhé, con estudios realizados en otras partes de Colombia como en el cauce del Río Yaguará en el departamento del Huila, el cual cuenta con 9 títulos mineros, y donde el estudio realizado fue de tipo puntual, se obtuvo valores máximos de $0,6\mu\text{g/L}$, reflejando que la contaminación por mercurio en el recurso hídrico puede llegar a ser más significativa en donde se practica la actividad minera artesanal, debido a que en ese estudio se evidencia un resultado menor a los arrojados en los diferentes puntos muestreados en la presente investigación. De igual forma los valores obtenidos en estos tres puntos, exceden los criterios establecidos por la U.S Environmental Protection Agency (USEPA), para exposición crónica de la vida acuática $0,012\mu\text{g/L}$ (Higueras, Esbri, Gonzalez Corrochano, Lopez Berdonces, & Garcia Noguero).

Los resultados obtenidos de pH en los diferentes puntos de donde se recolectaron las muestras de agua, arrojaron valores ácidos, entre 3.23 a 3.83 unidades de pH; esto se asocia a que el tipo de ecosistema que presenta la zona se denomina igapó, el cual se caracteriza por ser zona inundable y de aguas negras, así llamadas por la carga de taninos ácidos desprendidos de la materia orgánica que acarrear y que le da su color característico (Briceño Vanegas, Briceño Vanegas, & Gallego Herrera, 2010). Siendo este tipo de ecosistema favorable para la movilización del mercurio, dado a que la materia orgánica disuelta, es capaz de formar complejos con valles contaminantes y los mantiene solubles y por más tiempo en la columna de agua, aumentando su biodisponibilidad en la biota. Estos microambientes funcionan como reactores que pueden maximizar la metilación del mercurio o solubilizar otras sustancias tóxicas. (Drude de Lacerda & Malm, 2008).

Los valores de turbiedad se pueden atribuir a la presencia de minerales, gases, materia orgánica, metales y compuestos químicos orgánicos que dan color, olor, sabor y eventualmente, toxicidad al agua que los contiene. Las partículas suspendidas ayudan también a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas (Cisneros, 2001). En el presente estudio, los resultados obtenidos para turbiedad en el Río Cotuhé se consideran bajos, con un máximo de 27,25NTU. Teniendo en cuenta estudios realizados en Colombia, ríos como el Combeima en Ibagué, y el Magdalena han arrojado valores de turbiedad de entre 100 NTU (Olivero , Mercado, & Montes, 2013) y 276 NTU (Ospina & García, 2015) . A pesar de que los valores de turbiedad no son considerados altos, se debe tener en cuenta que esta agua en ocasiones es usada como agua para consumo por las comunidades indígenas ubicadas sobre el Río, y de acuerdo a la resolución 2115 de 2007 el valor máximo de turbiedad para aguas de

consumo humano es de 2 NTU. Por otro lado se tiene en cuenta que en cuerpos de agua loticos como el Río Cotuhé, la turbiedad aumenta en época de lluvia en relación a la época de estiaje, esto debido a efectos como la escorrentía, caída de hojas y arrastre de material hasta el Río.

Otro parámetro obtenido en campo, fue la conductividad, la cual es usada como un sustituto de la concentración de sólidos totales disueltos en el agua, en la que los iones contribuyen y forman parte de los sólidos totales disueltos. Por lo tanto, define su concentración de sólidos disueltos referidos a sales y residuos orgánicos. La salinidad cuantitativa y los sólidos totales disueltos se miden a través de la conductividad eléctrica de las aguas (Ospina & García, 2015). Este parámetro, arrojó valores mínimos, con un promedio de 0,015 mS.

CAPÍTULO VI. ALTERNATIVAS Y ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN

A pesar de que por décadas se ha usado el mercurio por encima de otras sustancias tóxicas para extracción de oro, por ser de menor costo, de fácil acceso y manejo, en los últimos años se ha conocido en algunos lugares la implementación de nuevas técnicas y alternativas para la sustitución y/o disminución de este elemento en la actividad minera aurífera.

Este capítulo entrega algunas técnicas o herramientas como alternativa para el uso de mercurio en la actividad minera artesanal de oro.

6.1. ALTERNATIVAS PARA LA DISMINUCIÓN DE USO DE MERCURIO EN LA ACTIVIDAD MINERO ARTESANAL

A continuación, se presentan algunas estrategias para la disminución o sustitución de mercurio en esta actividad. Aunque la mejor opción sería pasar a un procesamiento y refinación libre de mercurio, la reducción en su uso se considera un primer paso concreto, que forja una plataforma para, con el tiempo, adoptar prácticas libres de mercurio.

6.1.1. CICLÓN O VÓRTICE

Con base en el Programa de las Naciones unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), los ciclones son una alternativa para el no uso de mercurio, ya que pueden mejorar la

concentración de metal. Estos son particularmente efectivos para captar oro fino en la etapa final de la producción de un concentrado de alto tenor.

El agua se inyecta lateralmente a un tazón de 30-50cm (*Figura 15a*) a través de un tubo o manguera, lo que genera un remolino que se drena por un agujero elevado en el centro.

El concentrado se vierte en el tazón y, al girar el agua, las partículas ligeras se suspenden mientras que las partículas más pesadas (como el oro) quedan atrás (*Figura 15 b*). Las partículas suspendidas pasan por el agujero elevado a una cubeta.

El flujo se puede suministrar con una pequeña bomba o un recipiente de agua elevado. Para obtener mejores resultados se debe usar agua limpia. Los ciclones son baratos y fáciles de operar. (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2012)



(a)



(b)

*Figura 15. Ejemplo de ciclón
De perfil (a) y como queda el oro en el vórtice (b).*
Fuente: (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2012)

6.1.2. FLOTACIÓN ESPUMANTE

Esta técnica es una propuesta de la Universidad Nacional en Medellín-Colombia, la cual consiste en que el material de oro con material rocoso de pequeño tamaño y sedimento pasa a tanques donde se adicionan reactivos químicos que poseen características similares a los jabones y alcoholes. Este proceso, llamado 'flotación espumante', usa una combinación de sustancias de fácil degradación. Donde de allí se genera la separación de dos tipos de minerales: los hidrofóbicos como el oro, que repelen el agua, y los hidrofílicos, que tienen afinidad con ella. Ambos se comportan de manera diferente en el medio acuoso.

Los reactivos químicos usados en la técnica se denominan colectores y contienen dos tipos de compuestos: los orgánicos que obligan a ciertos minerales a rechazar el líquido que los rodea (es por eso que flotan) y los inorgánicos que adsorben o retienen otro tipo de minerales afines al fluido. Mediante el uso de burbujas de aire, se produce una espuma donde se concentra el metal dorado que repele al medio acuoso.

Esta tecnología ilustrada en la (*Figura 16*) está diseñada para la extracción de oro nativo, es decir, aquel que se encuentra libre en la naturaleza y que no está asociado a minerales como piritas o sulfuros metálicos. Se encuentra preferencialmente en los aluviones y en algunas minas de veta en pequeñas proporciones. (Pérez G. R., 2011)

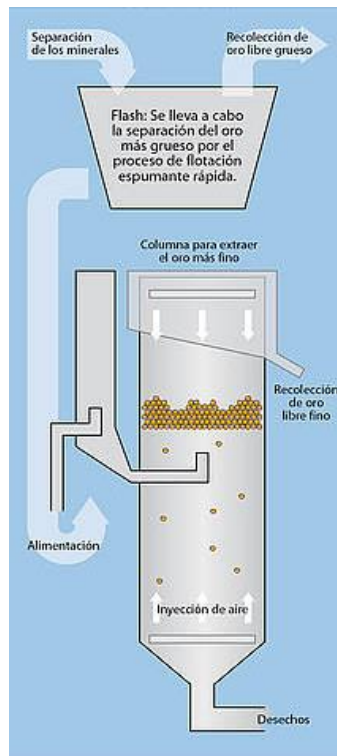


Figura 16. Método de flotación espumante.
Fuente: (Pérez G. R., 2011)

El principal trabajo por hacer para disminuir el impacto que se genera en la actividad minera, principalmente por el uso de mercurio, es concientizar a las cadenas mineras, de gran y pequeña escala, promoviendo estas alternativas con el fin de suscitar un cambio que genere una disminución del daño que se causa al ambiente.

Con base en las anteriores alternativas, se propone que la mejor estrategia a implementar en la actividad minera artesanal de pequeña escala, puntualmente en la llevada a cabo en el Río Cotuhé, es la de flotación espumante, debido a que es una alternativa creada en el país, lo cual se considera de fácil acceso, más eficiente por su tamaño, debido a que el geotextil no tejido donde se recoge el mineral puede ser lavado por completo y el material recogido ser depositado en el tanque para su proceso de separación, del mismo modo al ser en un tanque cerrado, se evitaría pérdidas de material.

CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES

- La actividad minera artesanal de oro aluvión llevada a cabo en el Río Cotuhé, en el Departamento del Amazonas, está generando una contaminación del recurso hídrico, dado a que se encontraron niveles representativos de mercurio que superan el valor máximo aceptable para consumo humano estipulado en el artículo 5 de la resolución 2115 de 2007, generando este un riesgo para las comunidades que habitan en esta zona, en vista a que este metal se puede convertir a su forma orgánica y llegar a los peces, quedando así disponible para el consumo humano, adicional a esto, también exceden los valores límites permitidos para la preservación de fauna y flora recomendado por la EPA de mercurio para la vida acuática $0.014\mu\text{g/l Hg}$ (Díaz Arriaga, 2014)
- Debido al contante desplazamiento de las balsas sobre el río, y la cantidad de meandros que este presenta no fue oportuno desarrollar una malla de muestreo, dado que para llevarla a cabo era necesario conocer los puntos fijos de las balsas lo cual varió constantemente durante el periodo de estudio.
- Además de los daños neurológicos y de la teratogenicidad, algunos autores han sugerido que la ingesta de mercurio orgánico puede estar asociada con la aparición de enfermedades cardiovasculares (Salonen et al., 1995). Este amplio espectro de toxicidad del metilmercurio derivado fundamentalmente del consumo de pescado contaminado, constituye una amenaza potencial para todos los consumidores, lo cual hace necesario su permanente monitoreo ambiental.

- El uso de mercurio en la minería artesanal es muy variable y depende de la cantidad de mineral extraído, generalmente las personas que trabajan dentro de la actividad minera están expuestos a un mayor riesgo genotóxico, como se evidenció en campo, los trabajadores de las balsas mineras no hacen uso de elementos de protección personal, lo cual hace que la exposición a este metal sea de forma directa por inhalación de gases y contacto con la piel.

- La actividad minera que se presenta en el Río Cotuhé, además de las anteriores afectaciones viene generando en la población del sector cambios en sus hábitos comportamentales que inciden directamente en la pérdida del conocimiento tradicional, en las prácticas de sus rituales, y en el estilo de vida que adquirieron de sus antepasados, que si no se tiene en cuenta estos aspectos podrán incidir en un irrespeto a su territorio.

- En lo referente a los aspectos ambientales, no existe en ninguna de las balsas un manejo adecuado de los vertimientos que se manejan en el proceso de extracción de oro. Los impactos generados por la actividad minera evaluada se pueden atribuir a cambios en la calidad físico-química y dinámica del agua superficial.

CAPÍTULO VIII. RECOMENDACIONES

- Es importante tener en cuenta las condiciones climatológicas de la zona de estudio, la variación de la cota de la lámina de agua y parámetros como caudal, con el fin de determinar la dinámica del contaminante del mercurio en el agua, dado que esto permite establecer puntos con valores representativos.
- Algunos cuerpos de agua con características favorables a la movilización del mercurio merecen más atención por parte de los investigadores y gestores del medio ambiente, así, sistemas acuáticos con características como bajo nivel de pH, anoxia y elevada materia orgánica disuelta, deben ser preservados y evitar cualquier interferencia humana en sus drenajes, pues los efectos tóxicos de metales, principalmente del mercurio pueden ser amplificados, Ríos de agua negra ya presentan naturalmente elevados valores de mercurio en sus aguas, como consecuencia de la biota asociada.
- Es de mayor relevancia conocer los procesos biogeoquímicos controladores de la dinámica del mercurio en el ambiente, propiamente, de los procesos antrópicos que lo generan. Dado a que la relación causa efecto no depende tanto de la dimensión de las emisiones puntuales, y si de las emisiones de fuentes difusas y de los procesos de remoción de mercurio acumulado en el ambiente.
- Es necesaria mayor inmersión por parte del estado en las zonas mineras, dando más atención, educación ambiental, tecnología a la pequeña minería y capacitación, que garantice mejor calidad de vida para las personas con menores afectaciones a los ecosistemas y el ambiente. De no realizarse esto, va a seguir este círculo de daño en la

salud, ignorancia, pobreza y afectación al ambiente anteponiendo el bienestar particular sobre el general.

- Para mejores resultados de acuerdo a los objetivos planteados en este proyecto, se recomienda realizar un muestreo integrado, dado que este permite obtener mayor información de la afectación de esta actividad, y así mismo se aconseja realizar muestreo en sedimentos para encontrar una mayor cantidad de mercurio particulado, obteniendo valores más representativos de la cantidad de mercurio presentes en el lugar de estudio.

- Se recomienda realizar un muestreo de toxicidad en peces y humanos para obtener de forma cuantitativa los niveles reales de contaminación por mercurio en esta zona. De igual forma realizar la medición de más parámetros fisicoquímicos es importante para obtener información más amplia que permita relacionar el comportamiento del metal en el recurso hídrico.

- Promover el uso de alternativas para la disminución y/o sustitución de mercurio en las actividades de minería artesanal, y así realizar mejores prácticas sin afectar el ambiente y la salud humana.

- Es importante dar relevancia al aspecto social que abarca y que afecta la minería artesanal y de pequeña escala en Colombia, a las comunidades indígenas y sus actividades ancestrales.

- Identificar o implementar otras alternativas socioeconómicas amigables con el ambiente y apropiadas para la región que no afecten drásticamente los recursos naturales.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Catalana de Seguridad Alimenticia. (2013). *Salud y seguridad alimenticia* .
- Akagi, H., Malm, O., Kinjo, Y., Harada, M., Branches, F., Pfeiffer, W., & Kato, H. (1995). Methylmercury Pollution in the Amazon, Brazil. *The Science of the Total Environment*(175), 85-95.
- Alvarez, J., Sotero, V., Brack, A., & Ipenza, C. (2011). *Minería aurifera en Madre de Dios y contaminación con mercurio*. Recuperado el 21 de Abril de 2016, de <http://cdam.minam.gob.pe/novedades/mineriamadrededios.pdf>
- Aramburo Calle, M. S. (2012). *Actualización del componente diagnóstico, plan de manejo del PNN amacayacu*. Leticia .
- Briceño Vanegas, G. A., Briceño Vanegas, J. A., & Gallego Herrera, J. C. (26 de Octubre de 2010). Evaluación del deterioro ambiental de hábitats asociados a ecosistemas fluviolacustres de la cuenca del río Amaznas. *Épsilon*(15), 203-219.
- Cano, A. (2013). *Minería artesanal sobre el Río Cotuhé en el Amazonas Colombiano*. Tarapacá.
- Chaco, W. L. (2015). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura* . Recuperado el 28 de Agosto de 2016, de <http://www.fao.org/3/a-i4669s.pdf>
- Chávez , S., Ruiz, A., Martínez, H., & Duque, B. (Enero de 2009). *Colombia minera, Desarrollo responsable*. Recuperado el 30 de Agosto de 2016, de http://www.simco.gov.co/Portals/0/archivos/Cartilla_Mineria.pdf
- Cisneros, B. E. (2001). *La contaminación ambiental en México*. México: Limusa.
- Cuadrado González, J. N. (2013). *Aproximcion al diagnostico situacional dociocultural y amiental de la comunidad de Buenos Aires - sectro norte Parque Nacional Natural Amacayacu*.
- Díaz Arriaga, F. (30 de Septiembre de 2014). Mercurio en la minería: impacto en las fuentes destinadas para consumo humano. *Salud Publica*, XVI(6), 947-957.
- Drude de Lacerda, L., & Malm, O. (23 de Junio de 2008). Contaminação por mercúrio en ecosistemas aquáticos: uma análise das áreas críticas. *Estudos Avançados*(22), 173-190.
- Geosistemas Gerfor. (s.f.). Obtenido de http://www.gerfor.com/descargas/geosistemas/02_NoTejidos.pdf
- Gomez, A. G. (30 de Mayo de 2013). Evaluación de la contaminación por vertimiento de mercurio en la zona minera, Pacarní- San Luis, departamento del Huila. *Revista de tecnología Journal technology* , 12(1), 91-98.
- Güiza, L. (2013). *la pequeña minería en Colombia: Una actividad no tan pequeña*. Bogotá.
- Heck, C., & Tranca, J. (2014). *La relidad de la minería ilegal en paises amazónicos*. Lima: NEGRAPATA S.A.C.
- Higueras, P., Esbri, J., Gonzalez Corrochano, B., Lopez Berdonces, M., & Garcia Noguero , E. (s.f.). *Environmental concerns on mercury in the almadén minig district (ciudad real, Spain)*.

- Higueras, P., Esbri, J., Lopez Berdonces, M., & Garcia Noguero, E. (s.f.). *Environmental concerns on mercury in the almadén minig district (ciudad real, Spain)*.
- IDEAM. (2009). *Procedimiento para el muestreo de aguas y sedimentos para determinación de metales*. Obtenido de Protocolo metales pesados en agua y sedimentos: http://www.ambientalex.info/guias/IDEAM_PROTOCOLOS_MSFMETALES_PESADOS_EN_AGUAS_Y_SEDIMENTOS.pdf
- Idrovo, A. J., Manotas, L. E., Villamil de Garcia, G., Ortiz, J. E., Silva, E., Romero, S. A., & Azcárate, C. E. (2001). Niveles de mercurio y percepción del riesgo en una población minera aurífera del Guainía (Orinoquia colombiana). *Biomédica*(21), 134-141.
- Instituto Nacional de Salud. (2012).
- Jiménes Gómez, A. M. (2005). *Interacción del mercurio con los componentes de las aguas residuales*. Trabajo de Grado, Universidad Nacional de Colombia, Manuzales.
- Litter, M. I., Armienta, M. A., & Farías, S. S. (2009). *Metodologías analíticas para la determinación y especiación de arsénico en aguas y suelos*. Argentina: CYTED.
- Martínez, H. J. (Enero de 2009). *La minería Colombiana*. Recuperado el 02 de Septiembre de 2016, de http://www.simco.gov.co/Portals/0/archivos/Cartilla_Mineria.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (Diciembre de 2012). *Sinopsis nacional de la minería aurífera artesanal y de pequeña escala*. Bogotá. Recuperado el 25 de Julio de 2015, de https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/mercurio/Sinopsis_Nacional_de_la_ASGM.pdf
- Ministerio de Cultura. (2010). *Tikuna, los hijos de Yoi e Ipi, y gente de tierra firme*. Recuperado el 26 de Agosto de 2016, de <http://www.mincultura.gov.co/areas/poblaciones/noticias/Documents/Caracterizaci%C3%B3n%20del%20pueblo%20Tikuna.pdf>
- Ministerio de Minas y Energía. (2015). *Glosario técnico Mínero*. Obtenido de <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/698204/GLOSARIO+MINERO+FINAL+29-05-2015.pdf/cb7c030a-5ddd-4fa9-9ec3-6de512822e96>
- Ministerio de Minas y Energía. (2015). *Glosario técnico Mínero*. Bogotá.
- Mosquera, C., Chávez, M. L., Pachas, V., & Moschella, P. (Abril de 2009). *Estudio diagnóstico de la actividad minera artesanal en Madre de Dios*. Recuperado el 23 de Enero de 2016, de http://www.responsiblemines.org/attachments/114_InformeMadre_deDios.pdf
- Oliveiro Verbel, J. (2014). *Aspectos de la minería en Colombia sobre la salud Humana*. Universidad de Cartagena.
- Olivero, R. E., Mercado, I. D., & Montes, E. L. (01 de Junio de 2013). *Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal*. Recuperado el 20 de Enero de 2016, de <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1005/1/437-944-1-PB.pdf>
- Olivero, J., & Johnson, B. (2002). *El lado gris de la minería de oro: La contaminación con mercurio en el norte de Colombia*. Universidad de Cartagena. Recuperado el 20 de Abril de 2016, de La contaminación con mercurio en el norte de Colombia: http://www.reactivos.com/images/LIBRO_MERCURIO_-_Olivero-Johnson-Colombia.pdf

- Osores Plenge, F., Grández Urbina, J., & Luque, F. (2010). Mercurio y salud en Madre de Dios, Perú. *Acta Médica Peruana*, IV(24), 310-314.
- Ospina, O., & García, G. (15 de Octubre de 2015). *Evaluación de la turbiedad y la conductividad ocurrida en temporada seca y de lluvia en el Río Combeima*. Recuperado el 20 de Enero de 2016, de <http://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/view/1191/1157>
- Pérez, G. R. (12 de Noviembre de 2011). *Periódico Universidad Nacional*. Recuperado el 25 de Julio de 2016, de Extraen oro sin mercurio: <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/extraen-oro-sin-mercurio.html>
- Pérez, V. M. (09 de Febrero de 2011). *Asesoría Integral en Ambiente, Seguridad industrial e Higiene Ocupacional*. Recuperado el 25 de Julio de 2016, de Riesgos de salud en la explotación de oro: <http://asisha.blogspot.com.co/2011/02/riesgos-de-salud-en-la-explotacion-de.html>
- Periódico EL TIEMPO. (2015). *Comunidades indígenas enferman por el mercurio usado por bandas criminales y Farc para extraer oro*. Recuperado el 31 de Agosto de 2016, de <http://www.eltiempo.com/politica/justicia/mineria-ilegal-destruye-los-rios-de-21-departamentos-de-colombia/15675184>
- Periódico El Universal. (12 de Abril de 2014). *Decomisan draga para minería ilegal en Barranco de Loba*. Recuperado el 25 de Julio de 2016, de <http://www.eluniversal.com.co/regional/bolivar/decomisan-draga-para-mineria-ilegal-en-barranco-de-loba-156885>
- Policía Nacional de Colombia. (2016). *Áreas que conforman la dirección de carabineros y seguridad rural*. Recuperado el 30 de Agosto de 2016, de <http://www.policia.gov.co/portal/page/portal/Carabineros/areas>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2012). *Guía práctica*. Recuperado el 25 de Junio de 2016, de Reducción del uso de mercurio en la minería de oro artesanal: http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Documents/ASGM/Techdoc/Spanish_Tech_Doc.pdf
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (s.f.). *El uso del mercurio en la minería de oro artesanal y en pequeña escala*. Recuperado el 20 de Febrero de 2016, de http://www.ige.org/archivos/IGE/mercurio_en_la_Mineria_de_Au.pdf
- Ramírez, J. C. (Junio de 2013). *Amazonía Posible y Sostenible*. Obtenido de http://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/amazonia_posible_y_sostenible.pdf
- Ramírez, J. C. (2013). *Amazonia Posible y Sostenible*. Obtenido de http://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/amazonia_posible_y_sostenible.pdf
- Reichel, E. (1987). *Etnografía de los grupos indígenas contemporáneos*. En: *Colombia amazónica*. Bogotá: Villegas Editores.
- Reinoso Sabogal, C. (2006). *Diagnostico situacional sociocultural y ambiental del sector norte del PNN Amacayacu*. Parque Nacional Natural Amacayacu, Amazonas, Tarapacá.
- Rodríguez, C. A., Niño, L. E., & Segura, V. J. (Octubre de 2014). *Secretaría de Planeación y Desarrollo Territorial*. Recuperado el 25 de Agosto de 2016, de Gobernación de Amazonas: https://dirinfra.mintransporte.gov.co/PVR_DATA/DOCUMENTS/plan_amazonas.pdf

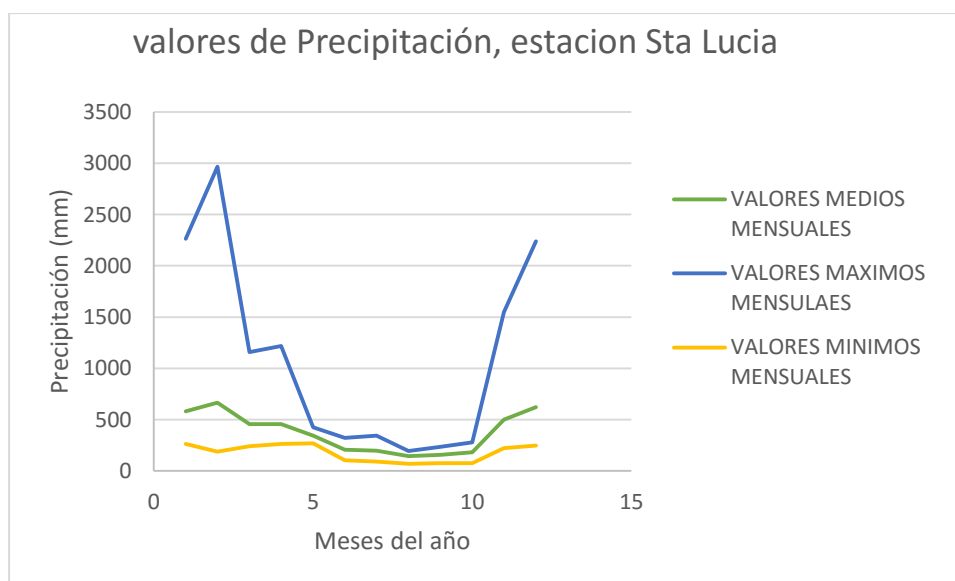
- Ruiz, S. L., Sánchez, E., Tabares, E., Prieto, A., Arias, J. C., Gómez, R., . . . Rodríguez, L. (2007). *Diversidad biológica y cultural del Sur de la Amazonia colombiana*. Corpoamazonia, Instituto Humboldt, Instituto Sinchi, UAESPNN. Bogota D.C.: Fotomecánica Ltda.
- Sanchez Rodriguez, L. H. (2009). *Comparación de dos métodos de determinación de mercurio total en cabello por espectroscopos de absorción atómica con generados de hidruros y diferencial de efecto xeeman con pirolizador*. Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de magíster en toxicología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Selvaraj, k., Ram, M. V., & Szefer, P. (3 de Agosto de 2004). Evaluation of metal contamination in coastal sediments of the Bay of Bengal, India geochemical and statistical approach. *Science of the Total Environment*, 174-185.
- Suarez, L. G. (5 de Agosto de 2011). Perspectiva jurídica de los impactos ambientales sobre los recursos hídricos provocados sobre la minería en Colombia. *Opinión Jurídica*, 123-140.
- Unidad de Planeación Minero Energética. (2007). *Producción más limpia: La minería, cianuro y otras sustancias*. Bogotá: Scripto Impresores S.A.
- Universidad Nacional de Colombia. (12 de Marzo de 2011). *Historia extensa de la arquitectura en Colombia*. Recuperado el 28 de Agosto de 2016, de <http://aplicaciones.virtual.unal.edu.co/blogs/hacolombia/2011/03/12/2-nivel-formativo-tribal-la-casa-comunal/#comments>

ANEXOS

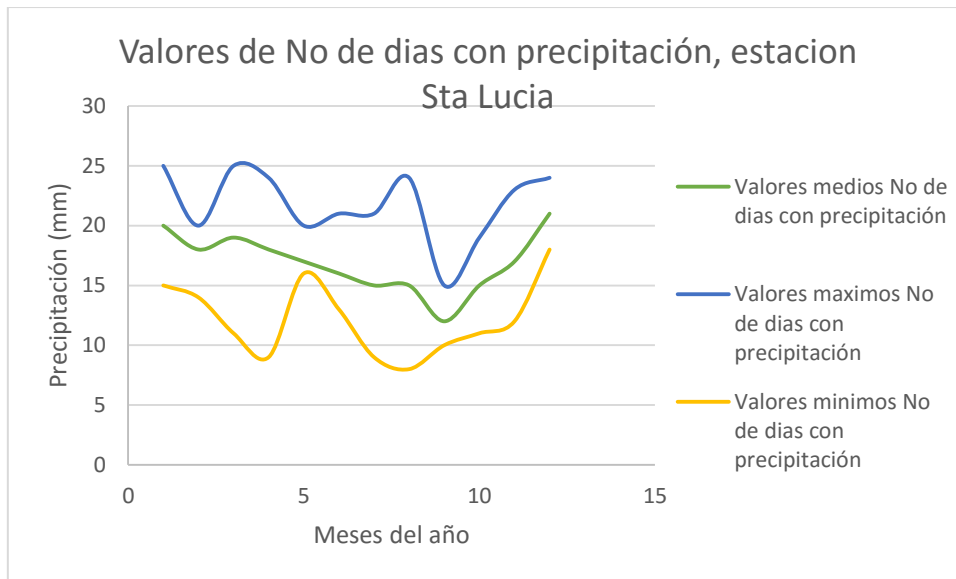
ANEXO A. DEFINICIÓN DE CRITERIOS PARA EJECUCIÓN DE MUESTREO

En esta fase se tuvieron en cuenta las condiciones climáticas debido a que la región de la Amazonia Colombiana presenta un régimen monomodal, con máximos entre diciembre y febrero y mínimos entre mayo y octubre. Para una exitosa obtención de las muestras de agua, se procuró llevar a cabo la realización de esta fase para el periodo de mínimos de pluviosidad debido a que en este momento el caudal es menor y habrá menos dispersión de mercurio soluble en el agua. En la Figura 17, se puede observar el comportamiento de precipitación en el Río Cotuhé obtenido de la estación Sta. Lucia (Ideam).

Otro criterio tenido en cuenta fue la ubicación actual de las balsas debido a que estas no se mantienen estáticas sobre el río, si no que siempre están en continuo movimiento en busca del material, dado a que este puede presentarse en mayor o menor cantidad.



(a)



(b)

Figura 17 (a) número de días con lluvia media, máxima y mínima. (b) Valores máximos, medios y mínimos de precipitación
 Fuente: (Ideam,2016)

ANEXO B. CARTA DE PRESENTACIÓN POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD

UNIVERSIDAD DE
LA SALLE

Facultad de Ingeniería

PIAS 807-14
Bogotá, 12 de Diciembre de 2014

Señores
COMUNIDAD DE TARAPACÁ
Amazonas.

Respetados Señores:

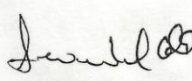
De manera atenta me permito presentar a un grupo de estudiantes del programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, quienes están interesadas en desarrollar un proyecto de investigación acerca de los recursos naturales del corregimiento de Tarapacá, por tal razón, comedidamente solicitan el apoyo de ustedes para llevarlo a cabo suministrándoles la información que ellas requieran.

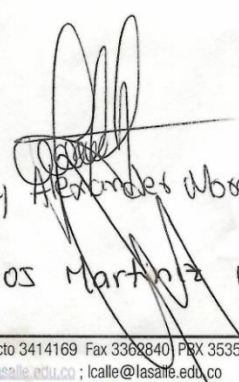
Nombre	código
MARIA CAMILA MALAGÓN	41111183
ANDREA JOHANA CANO POLANIA	41121709
LAURA JIMENA LEMUS	41092032

La información obtenida, será empleada con fines estrictamente académicos y confidenciales, bajo la dirección del docente Camilo Vargas Terranova.

Agradezco la colaboración que puedan brindarle a nuestras estudiantes, lo que contribuirá en su formación profesional.

Cordial saludo.


LEONARDO CALLE PAEZ
Director
Programa Ingeniería y Sanitaria


Te Jomy Alexander Morales A
CT Carlos Martínez Noguera.

Recibido
Asesor
07-10-2015

Elizabeth

Carrera 2 No. 10-70 Bloque A Piso 6 Directo 3414169 Fax 3368840 PRX 3535360 Ext 2514 y 2515
Email : galindo@lasalle.edu.co ; lcalle@lasalle.edu.co

Figura 18. Carta de presentación por parte de la Universidad

ANEXO C. REUNIÓN CON COMUNIDADES UBICADAS SOBRE EL RÍO COTUHÉ

Comunidad Caña Brava- Visita: 9 de enero

Número de habitantes	118
Número de familias	24
Educación máxima	5to de primaria
Autoridades	Curaca, 1 promotor de salud, 1 profesor.

Para la entrevista con la comunidad se realizó una reunión con 19 habitantes cabezas de familia de la comunidad, el Curaca, el promotor de salud y el presidente de la asociación minera de Tarapacá, dando inicio con el saludo por parte del Curaca, la presentación como estudiantes de la Universidad de la Salle y se comunicó el fin de la entrevista y la reserva de sus identidades e imágenes, algunas imágenes de esta reunión se pueden observar en la Figura 19.

Se procedió a preguntar de forma general la problemática de la presencia de las balsas mineras sobre el río del cual ellos se abastecían, la extracción de oro y la presencia de los mineros en su resguardo y alrededores, a lo que varias personas participaron, opinando que el mayor problema era que los mineros se metían con las niñas de la comunidad, siendo en su mayoría menores de edad, desde 14 y 15 años en adelante y se las llevaban a Tarapacá y en ocasiones a otros lugares donde sus familiares no volvían a saber de ellas. Como siguiente problema manifestaron el robo en algunas ocasiones de animales como gallinas para consumo de los mismos mineros afectando a la comunidad. Y como aspecto final manifiestan que desde la llegada de las balsas al río se ha presentado una disminución significativa en la pesca, enfermedades como diarrea y malformaciones como labio leporino en los niños.



*Figura 19. Reunión con algunos integrantes de la comunidad de Caña Brava (a) e intervención del presidente de la asociación minera de Tarapacá(b).
Fuente: (Autores,2015)*

Comunidad Nueva Unión- Visita 10 de enero

Número de habitantes	124
Número de familias	19
Educación máxima	5to de primaria
Autoridades	Curaca, 1 promotor de salud, 2 profesores.

En la comunidad Nueva Unión, se realizó una reunión con el Curaca como autoridad mayor, sus familiares, el promotor de salud y 3 habitantes más junto con sus hijos, y el presidente de la asociación minera de Tarapacá. Se comunicó el fin de la reunión y garantizo la reserva de sus imágenes.

Sobre la misma problemática de la extracción de oro, y la presencia de las balsas artesanales sobre el río y los mineros en sus resguardos, el Curaca manifestó que no está de acuerdo con estas balsas mineras sobre el río ya que han venido presentando problemas como contaminación del agua por mercurio trayendo consigo enfermedades como diarrea y labio leporino, y al mismo tiempo la problemática presentada por la presencia de basuras en el río

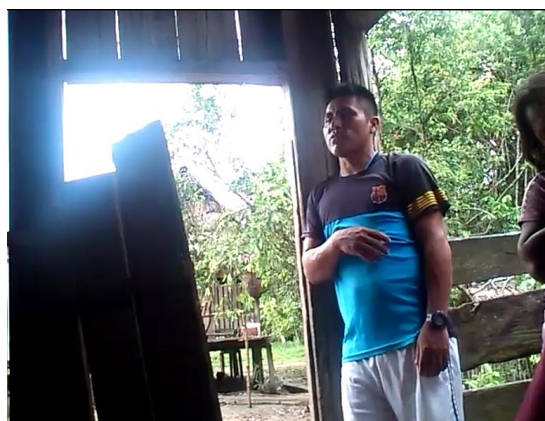
por parte de los mineros. Por otro lado, manifiesta que los mayores deben proteger a los menores de edad, para que los jóvenes no sean llevados a trabajar y las niñas no seas utilizadas como acompañantes de los mineros.

Paralelo a esto, manifiesta que la mayoría de los trabajadores son de Brasil y Perú, y no hay ningún control por parte de las autoridades para proteger sus resguardos y no permitir que estas personas que no son del país laboren en esta zona del Amazonas Colombiano. Por otro lado, exponen que según los mineros llevan a cabo esta actividad para sobrevivir y alimentar a sus familias, lo que para el Curaca no se hace necesario ya que él junto con los de su aldea mantienen sus familias por medio de la chagra y pesca, y algunos laborando en el corregimiento de Tarapacá.

De acuerdo al Promotor, la comunidad no está de acuerdo con la minería y tampoco aceptaron tratos con los mineros, como según ellos, las otras comunidades como Caña brava si aceptan acuerdos de recibir oro mensualmente y en algunos casos venta de comida y licor para los mineros, ya que, según él, esto hace que los mineros sigan trabajando en el río afectando las otras comunidades indígenas. Algunas imágenes de la reunión se encuentran a continuación en la *Figura 20*.



(a)



(b)

*Figura 20. Reunión en la comunidad de Nueva Unión
Con la intervención del Curaca (a), y del Promotor de Salud de la comunidad (b).*

Fuente: Autores (2015)

Comunidad Santa Lucia- Visita 10 de enero

Número de habitantes	153
Número de familias	27
Educación máxima	5to de primaria
Autoridades	Curaca, 1 promotor de salud, 2 profesores.

Para esta última comunidad de Santa Lucia, se contó con que ya se tenía una reunión en proceso con todos los representantes o cabeza de familia del resguardo, por lo que se pudo obtener más opiniones, y junto con el Curaca, y promotor como autoridades mayores, y el presidente de la asociación minera de Tarapacá.

En esta oportunidad, el Curaca comentó que el mayor problema de la presencia de las balsas y los mineros era las enfermedades como la diarrea que presentaban los habitantes de su comunidad, según el por el mercurio que llega al río por la explotación de oro, ya que no es solo por el consumo directo de agua, sino por medio de los peces, ya que asegura que todos los peces del río deben estar contaminados con mercurio y ya no es seguro para su consumo. Por otro lado, el promotor comento el problema de las amenazas que recibían en

ocasiones por parte de los mineros al no aceptar la presencia de ellos en su comunidad. El Promotor igualmente afirma que en ocasiones los mineros andan armado.

Como aporte de otros asistentes, se comentó sobre el problema con los menores de edad, ya que con el tiempo podían ser los más afectados, dado que pueden generar interés por este tipo de trabajo, y el consumo de marihuana por parte de los mineros. Y, por último, las opiniones de otros asistentes a la reunión, fueron sobre la falta de autoridad para protegerlos como comunidad indígena, el temor por la presencia de grupos armados y la escases de peces.



*Figura 21. Reunión con la comunidad Santa Lucia.
Fuente: (Autores,2015)*

ANEXO D. PROTOCOLO PARA LA RECOLECCIÓN, PRESERVACIÓN Y TRANSPORTE DE MUESTRAS DE AGUA

OBJETIVO

El objetivo de este instructivo es establecer las disposiciones generales para el muestreo, preservación y transporte de muestras de agua del Río Cotuhé (Amazonas) para posterior análisis de mercurio en laboratorio.

ALCANCE

Este instructivo comprende el procedimiento, recomendaciones de seguridad y correcta obtención de muestras de aguas superficiales loticas del Río Cotuhé en el corregimiento de Tarapacá (Amazonas Colombiano), las cuales serán empleadas posteriormente en análisis fisicoquímicos de agua. Este río se caracteriza por la constante presencia de balsas artesanales mineras de oro, trayendo consigo problemas tanto ambientales por el uso de mercurio en el proceso de amalgama y mala disposición de residuos sólidos, como sociales en las comunidades acentuadas en la ribera del río, por la inmersión de los mineros en las comunidades afectando su dinámica social.

TIPOS DE MUESTRA

Muestra simple o puntual

Una muestra representa la composición del cuerpo de agua original para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las que se realizó su captación. Cuando la composición de una fuente es relativamente constante a través de un tiempo prolongado o a

lo largo de distancias sustanciales en todas las direcciones, puede decirse que la muestra representa un intervalo de tiempo o un volumen más extensos. En tales circunstancias, un cuerpo de agua puede estar adecuadamente representado por muestras simples, como en el caso de algunas aguas de suministro, aguas superficiales, pocas veces, efluentes residuales (IDEAM, 2009).

MÉTODOS DE MUESTREO

Muestreo manual

El muestreo manual requiere de un mínimo de equipo, pero para programas de muestreo a gran escala o de rutina puede ser excesivamente costoso y de manejo dispendioso (IDEAM, 2009).

TOMA DE MUESTRAS DE AGUAS NATURALES

El tipo de muestras que se debe tomar depende de la naturaleza o ambiente acuático de interés, que puede ser lótico (corrientes superficiales) o léntico (lagunas y lagos).

Corrientes Superficiales

De acuerdo con el tamaño de la corriente y de su morfología se aplicará toma de muestra puntual o muestra integrada. Si la corriente presenta buena mezcla y tiene menos de 100 metros de ancho, se tomará una muestra simple o puntual. Para la recolección de la muestra se sumerge el dispositivo de muestreo en la corriente para obtener el volumen necesario de muestra para el análisis de los metales de interés (IDEAM, 2009)..

IMPLEMENTACIÓN DE PROTOCOLO DE MUESTREO

El procedimiento de muestreo se realizó teniendo en cuenta la ubicación actual de las balsas y con la ayuda de un GPS para tomar las muestras en los puntos señalados. Para que las muestras obtenidas comprendan una representación del material al que se está haciendo el muestreo, se hace importante contar con los elementos y materiales adecuados para una correcta obtención y conservación de las muestras.

Para este caso, en principio, los envases donde se recolectaron las muestras fueron botellas ambar de 500ml, se preservó cada muestra con HNO₃ hasta pH<2 y conservar a una temperatura <4°C, teniendo hasta un máximo de 28 días desde la obtención de la muestra hasta el análisis en laboratorio. Las técnicas tanto de preservación como conservación de muestras son de gran importancia ya que retardan los cambios químicos y biológicos que se puedan dar después de colectada la muestra, y así evitar obtener un resultado erróneo.

SELECCIÓN DE PUNTOS

De acuerdo a la posición actual de las balsas, seleccionar los puntos corriente abajo lo más aproximado que se pueda de ellas, para tomar las muestras de agua, tomando nota de las coordenadas, y resultado de los parámetros in-situ. Por cada balsa observada tomar una muestra de agua (máximo 6)

REQUERIMIENTOS

Equipos y Materiales

La siguiente es una lista general de los implementos requeridos en el momento del muestreo

- Geoposicionador
- Equipo portátil para mediciones de pH, temperatura y conductividad eléctrica (Multiparametro)
- Equipo para medición de turbiedad (turbidímetro)
- Frasco lavador
- Agua destilada
- Nevera de poliuretano con 13 bolsas de gel hielo para mantener la temperatura menor a 4°C
- Cinta pegante, bolígrafo y marcador de tinta indeleble
- Tabla portapapeles
- Guantes
- Botellas de vidrio ambar de 500ml
- Rótulos para las botellas
- Preservante Ácido nítrico (HNO₃)
- Formato de cadena de custodia entregado por el laboratorio
- Bolsa plástica para guardar los formatos
- Papel indicador universal, para verificación de pH de preservación

Procedimiento


Para realizar el muestreo de agua en el Río Cotuhé, seguir las instrucciones descritas a continuación para los 6 puntos de muestreo:

1. Organizar las botellas rotuladas, los reactivos, el formato de cadena de custodia y los demás insumos

2. Ubicar el punto donde se va a tomar la primera muestra y proceder a la purga de la botella, lavándola tres veces con la misma agua de río
3. Llenar la botella con el agua del río y preservar con HNO₃ hasta obtener pH menor a 2 con el papel indicador universal
4. Sellar la botella
5. Guardar en la nevera para mantener la muestra refrigerada
6. Calibrar el multipatameo y turbidímetro
7. Medir los parámetros de campo introduciendo el electrodo del multiparametro y tomando muestra de agua en la celda del turbidímetro, y registrar los resultados en el formato de cadena de custodia
8. Lavar el electrodo y celda con agua destilada para la próxima medición

Transporte

Mantener siempre las botellas refrigeradas y evitar abertura constante de la nevera.

	ETIQUETAS PARA MUESTRA DE AGUA	
	Universidad de la Salle	
Numero muestra:	Fecha:	Hora:
Lugar: Río Cotuhé	Punto de muestra (coordenadas):	Tipo de muestra:
Conductividad:	T°:	pH:
Departamento- Municipio: Amazonas - Tarapacá		
Objetivo de la muestra: Determinar niveles de Mercurio		
Responsables: Andrea Cano y Maria Camila Malagon		
Solicitante: Andrea Cano y Maria Camila Malagon		Teléfono: 318 397 9171 3191 5896

ANEXO E. ABSORCIÓN ATÓMICA POR GENERADOR DE HIDRUROS

Fundamentos teóricos

La espectrofotometría de absorción mide la cantidad de luz que es absorbida por los átomos de analito a la longitud de onda resonante. La luz que se absorbe sigue la ley de Lamber-Beer, la luz incidente (de las longitudes de ondas específicas a las cuales absorben los átomos del analito) es emitida por una lámpara de cátodo hueco o de descarga sin electrodo y es absorbida por la solución que es interceptada por la luz (Litter, Armienta, & Farías, 2009).

Generador de hidruros

La técnica de absorción atómica por generador de hidruros permite cuantificar en el orden de ppb o ultratazas de elementos como As, Se, Hg, Sn, Sb, Ge, Bi y Te, que tienen la propiedad de formar el hidruro correspondiente. La muestra disuelta en ácido diluido se mezcla con un agente reductor, tal como una solución de cinc y ácido clorhídrico, cloruro de estaño (SnCl_2) o borohidruro de sodio (NaBH_4). Esta reacción produce H atómico que reacciona con el As, Se, Hg, Sn, Pb, Sb, Ge, Bi y Te en la solución para formar hidruros volátiles (Litter, Armienta, & Farías, 2009).

Los hidruros volátiles son arrastrados por un gas portador como nitrógeno a una celda de cuarzo, que es calentada por una llama de aire-acetileno a una temperatura optimizada para producir la atomización del analito. Cuando los gases pasan a través de este tubo calentado, ocurre una descomposición térmica, y se liberan los átomos del elemento, al pasar la luz emitida por la lámpara a través del conjunto de átomos, la absorción crece a medida que estos se producen, llega a un máximo y cae al consumirse el analito y agotarse los átomos de la celda de absorción. Se puede registrar el máximo de absorción, que corresponde a la

altura de pico o el área bajo la curva, para relacionarlos con la concentración del analito (Litter, Armienta, & Farías, 2009).

La cuantificación se puede realizar separando la formación de hidruros mediante procedimientos como la cromatografía, o bien a través del cambio en las condiciones de formación de los hidruros como tiempos de reacción y reactivos específicos (Litter, Armienta, & Farías, 2009).

ANEXO F. VALORES DE PRECIPITACIÓN


Valores de precipitación tomada de la estación Sta. Lucia (IDEAM), corriente Cotuhé, con las cuales se realizaron la descripción climatológica de la zona descrito en el capítulo I y las gráficas expuestas en el ANEXO A.

IDEAM-INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN													
FECHA DE PROCESO : 22/07/2016			ESTACION: 47100020 STA LUCIA					LATITUD: 0251 S			LONGITUD: 6949 W		
FECHA DE INSTALACION: AGOSTO DE 1994				MUNICIPIO DE TARAPACA			ELEVACIÓN : 0072 m.s.n.m.				TIPO DE EST: PM		
CORRIENTE COTUHÉ				DEPARTAMENTO: AMAZONAS					ENTIDAD: IDEAM			REGIONL 11 BOGOTA	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	NUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2008	328,6	418,1	478,3	262,2	426,2	175,5	91,8	69,8	173,4	206,6	360,6	267,4	3258,5
2009	425,6	186,5	2665,6	482,5	267,5	26,4	168,2	149,7	75,8	222,6	223,6	245,1	4894
2010	376	191	316,1	318,5									1201,6
2011	344	256,3				119	325,2	227,1	220,7				1492,3
2012	303	398,1	372,8	261,2	420,1	217,9	203,7	101	189,7	277,1	220,7	368	3333,3
2013	352,4	495,7	240,9	273,8	304,9	101,4	181,9	169,6	108,1	74,4	325,8	327,2	2956,1
2014	262,9	298,5	365,9	378,2	304,8	322,3	342,4	180,8	233,2	166,4	1548	2239	6642,4
2015	2265	2966	1157	1217,3		7605,3							15210,6
TOTAL	4657,5	5210,2	5596,6	3193,7	1723,5	8567,8	1313,2	898	1000,9	947,1	2678,7	3201,6	38988,8
P. PRO MENSUAL	406,133												
V. MED	582,2	664,9	456,7	456,2	344,3	206,7	197,6	143,2	156	181	500,7	620,6	
V. MAX	2265	2966	1157	1217	424,2	322,3	342,4	194,7	233,2	277,1	1548	2239	
V. MIN	262,9	186,5	240,9	261,2	267,5	101,4	91,8	69,8	75,8	74,4	220,7	245,1	

IDEAM-INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN													
FECHA DE PROCESO : 22/07/2016				ESTACION: 47100020 STA LUCIA					LATITUD: 0251 S		LONGITUD: 6949 W		
FECHA DE INSTALACION: AGOSTO DE 1994				MUNICIPIO DE TARAPACA			ELEVACIÓN : 0072 m.s.n.m.			TIPO DE EST: PM			
CORRIENTE COTUHÉ				DEPARTAMENTO: AMAZONAS					ENTIDAD: IDEAM		REGIONL 11 BOGOTA		
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	NUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2008	15	19,3	23	23	18	16,3	13	12,3	12	11,3	14,3	19	196,5
2009	16	14	12	24	16	21	21	24	11	19	19	24	221
2010	25	20	21	24									90
2011	18	19				11	12	21					81
2012	23	20	25	15	20	15	9	8	10	13	15	20	193
1213	24	15	11	9	16	16	18	13	13	12	23	21	191
1214	21	16	22	20	19	14	15	17	15	18	16	18	211
1415	19	19	16	14,3									68,3
TOTAL	161	142,3	130	129,3	89	93,3	88	95,3	61	73,3	87,3	102	1251,8
P. PROMEDIO MENSUAL				13,04									
V. MED	20	18	19	18	17	16	15	15	12	15	17	21	
V. MAX	25	20	25	24	20	21	21	24	15	19	23	24	
V. MIN	15	14	11	9	16	13	9	8	10	11	12	18	

ANEXO G. CADENA DE CUSTODIA

Cadena de custodia implementada en el desarrollo del muestreo



CADENA DE CUSTODIA

Cadena N°: _____

Cliente: Maria Carolina Malagon

Contacto: Wylene Camila Malagon

Departamento: Amazonas

Proyecto: Análisis de Mercurio

Teléfono/Celular: 318397917

Municipio(s): TARAPACA

Plan de muestreo: _____

Firma del Cliente: _____

Código Campo

Punto de Muestreo

Código Campo	Punto de Muestreo	Coordenadas		Fecha AAAA-MM-DD	Hora (24 Horas)	Metr. P C I	Tipo Clase	Análisis (Segun Anexo A)	Pr (pH)	Temp Refrigera (°C)	Tipo Replente	Código Laboratorio
		Norte	Este									
1		S03°01'42,2"	W70°01'36,6"	2016-06-18	8:09	A	NLO	MERCURIO		<4	ND-A	
2		S03°01'53,2"	W70°08'06,7"	2016-06-18	9:00	A	NLO	MERCURIO		<4	ND-A	
3		S03°08'01,0"	W70°08'08,3"	2016-06-18	9:25	A	NLO	MERCURIO		<4	ND-A	
4		S03°08'06,6"	W70°08'05,7"	2016-06-18	9:40	A	NLO	MERCURIO		<4	ND-A	
5		S03°08'57,5"	W70°08'57,5"	2016-06-18	9:53	A	NLO	MERCURIO		<4	ND-A	
6		S03°08'52,1"	W70°08'38,4"	2016-06-18	10:06	A	NLO	MERCURIO		<4	ND-A	

Observaciones:

MA: No Aplicada
 MATRIZ: (A) Agua, (B) Biotin, (C) Suelo, (SD) Sedimento, (EP) RESPEL, Resadna Poligona,
 TPO: (P) Puntual, (C) Compuesto, (I) Integrado,
 CLASE: (NE) Natural Lento, (NLO) Natural Lento, (ST) Sedimento, (RI) Resadna Industrial, (RD) Resadna Domestica
RECIPIENTE: (PL) Plastico, (P-A) Plastico Ampor, (VD) Vidrio, (VCA) Vidrio Amber, (BP) Balsa Plastica,
 Temp. Refrigera (C): Temperatura de refrigeracion en grados centigrados.
 P(pH): Valor de pH al cual se proximo la muestra.
(P) PRESERVANTE: (L) Lúpul, (TS) Taraxaco, (H) Acido 70%, (FM) Formol 10%, (PS) Pevusa, (S) Bacteriostato de Sodio, (AS) Acido Salicico, (AC) Acido Clorhidrico, (AZ) Acido de Zinc, (AN) Acido Nitrico, (HS) Hidróxido de sodio, Otro especificar en observaciones.

Empresal Transportador: _____

Responsable de envío: _____

Responsable de la recepción: _____

Guía N°: _____

Totales de neveras enviadas: _____

Totales de neveras recibidas: _____

Fecha de envío: _____

Fecha de recepción: _____

Terminar: _____

Averno: _____

Tipo de entrega: _____

Dirección al laboratorio: _____

Mensajeria: _____

Hora de envío: _____

Firma: _____

Hora de recepción: _____

Firma: _____

Código: FO-TM-017

Version: 4

Fecha: 2014/09/17

SGI Ltda. TEL: 7423371 CEL: 3124574858 Cr. 28 No. 83-28 Bogotá D.C. Colombia.

www.sgltda.com E-mail: laboratorio@sgltda.com

Página 1 de 1

Figura 22. Cadena de Custodia

ANEXO H. MATRIZ DE LEOPOLD

AREA DE MINERIA RÍO COTUHÉ- AMAZONAS	ACCESO				Construcción de balsas	EXTRACCIÓN DE ORO (PROCESO)						Transporte y venta del oro obtenido	REDADAS POLICIALES Y MILITARES		BANDERINES				
	Movilización de Personas, Maquinaria y Materiales	Ocupación de cauces	Puesta en marcha del motor y compresor			Succión de agua y material sedimentado	Lavado del Geotextil no tejido	Formación del Amalgama	Quema de Amalgama	Transporte de la balsa hasta Tarpacá	Destrucción de la balsa en el cauce								
ABIÓTICO																			
AGUA	SUBTERRÁNEA		-7	8				-8	9								-4	5	-24
	SUPERFICIAL	-2	2	-6	7	-4	5			-7	9	-1	2	-5	4				26
AIRE	CALIDAD DEL AIRE	-2	3					-9	10					-9	10				-35
	NIVEL DE PRESIÓN SONORA	-5	6	-5	7			-8	10										41
SUELO																			-27
																			30
																			-29
																			35
																			-2
BIÓTICO																			3
FLORA	RIQUEZA		-2	3															-4
	DIVERSIDAD																		2
	COBERTURA		-3	4						-1	2								5
	ABUNDANCIA		-3	4															0
FAUNA	RIQUEZA		-2	4						-1	2								0
	DIVERSIDAD							-1	2	-2	2								0
	ABUNDANCIA	-4	5	-4	6			-4	5	-1	3				-2	3			-5
ECOSISTEMAS	-3	4	-5	3			-3	5	-2	2					-2	3			7
SOCIAL																			3
EMPLEO	5	6	5	6	6	6	5	6	3	4	3	4	3	4	3	4	2	3	-2
SALUD			-2	3				-3	4	-4	5				-6	7			4
EDUCACIÓN					2	3	1	2											-2
	-11	26	-34	55	4	14	-22	44	-29	44	2	6	-7	12	-16	27	-14	23	-11
																			16
																			-27
																			35

Valor mínimo	0	Resta de valores	51	Division en intervalos	10,2
Valor máximo	51				

INTERVALOS				
1)	0	9	Impacto leve	
2)	10	19	Impacto moderado	
3)	20	29	Impacto alto	
4)	30	39	Impacto grave	
5)	40	51	Impacto crítico	

Figura 23. Matriz de Leopold de los impactos generados por la actividad minera artesanal en el Río Cotuhé

ANEXO I. RESULTADOS DE MERCURIO OBTENIDOS EN EL LABORATORIO



INFORME DE RESULTADOS V1-N° M16-1139

Bogota D.C. viernes, 08 de julio de 2016

Página: 1 de 1

1. DATOS DEL CLIENTE							
Cliente:	María Camila Malagon S			Fecha de reporte:	2016-07-08		
Contacto:	María Camila Malagon S			Ciudad:	BOGOTA	NIT:	1022377496-9
Dirección:	NR			Departamento:	CUNDINAMARCA		
Teléfono:	3183979171			E-mail:	spcamilita@hotmail.com/		
2. DATOS DE LA MUESTRA							
Proyecto:	La Salle			Punto de muestreo:	Rio Cotuhè 1		
ID Plan de Muestreo:	N/A			Coordenadas Muestra:	E:70°07'30,8" N: 3°07'42,2"		
Matriz:	Agua	Tipo de muestra:	Puntual	Procedencia:	Amazonas/Tarapaca		
Clase de muestra:	Natural Lótico			Fecha y hora de muestreo:	2016-06-18	8:09	
Fecha de recepción:	2016-06-22			Condiciones Ambientales:	N/A		
Fecha de entrega:	2016-07-06			Responsable de Muestreo:	Camila Malagòn		
3. RESULTADO DE LABORATORIO							
ID	Parámetro	Método	Técnica	Unidad	Resultado	Fecha de Análisis	Límite de cuantificación
A784	b 1 Mercurio	SM 3114 C	A.A. Generador de Hidruro	mg/L	<0,001	2016-06-27	-
FIN DE ANALISIS							
b). parámetros acreditados laboratorio subcontratado. - Resultado de laboratorio No. 3079-01 de Hidrolab Ltda. Resolución No.1950 de 2013 del IDEAM.							

Observaciones:

Muestra tomada por personal de S.G.I Ltda. de acuerdo al procedimiento interno PO-TM-007.

Prohibida su reproducción total o parcial del presente resultado sin autorización escrita de S.G.I Ltda.

Referencia: SM STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22 ST EDITION 2012 APHA AWWA WEF

Referencia: METODOS NORMALIZADOS NTC Y EPA. SW-846.

Los resultados del presente informe son válidos únicamente para la muestra analizada.

Origen de coordenadas del punto de Muestreo: Magna Sirgas Origen Bogotá

Germán Andres Palacios Avila
Director de Laboratorio
SGI Ltda
PQI-468

Código: FO-GI-002/Versión: 6/Fecha: 2015-08-03



INFORME DE RESULTADOS V1-N° M16-1140

Bogotá D.C. viernes, 08 de julio de 2016

Página: 1 de 1

1. DATOS DEL CLIENTE							
Cliente:	María Camila Malagon S			Fecha de reporte:	2016-07-08		
Contacto:	María Camila Malagon S			Ciudad:	BOGOTÁ		
Dirección:	NR			NIT:	1022377496-9		
Teléfono:	3183979171			Departamento:	CUNDINAMARCA		
				E-mail:	spcamilita@hotmail.com/		
2. DATOS DE LA MUESTRA							
Proyecto:	La Salle			Punto de muestreo:	Rio Cotuhé 2		
ID Plan de Muestreo:	N/A			Coordenadas Muestra:	E: 70°08'06,7" N: 3°07'53,2"		
Matriz:	Agua			Procedencia:	Amazonas/Tarapaca		
Clase de muestra:	Natural Lótico			Fecha y hora de muestreo:	2016-06-18 9:00		
Fecha de recepción:	2016-06-22			Condiciones Ambientales:	N/A		
Fecha de entrega:	2016-07-06			Responsable de Muestreo:	Camila Malagón		
3. RESULTADO DE LABORATORIO							
ID	Parámetro	Método	Técnica	Unidad	Resultado	Fecha de Análisis	Límite de cuantificación
A784	b 1 Mercurio	SM 3114 C	A.A. Generador de Hidruro	mg/L	0,002	2016-06-27	-
FIN DE ANALISIS							
bt. parámetros acreditados laboratorio subcontratado. - Resultado de laboratorio No. 3079-02 de Hidrolab Ltda. Resolución No. 1950 de 2013 del IDEAM.							

Observaciones:

Prohibida su reproducción total o parcial del presente resultado sin autorización escrita de S.G.I Ltda.


Referencia: SM STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22 ST EDITION 2012 APHA AWWA WEF

Referencia: METODOS NORMALIZADOS NTC Y EPA. SW-846.

Los resultados del presente Informe son válidos únicamente para la muestra analizada.

Origen de coordenadas del punto de Muestreo: Magna Sirgas Origen Bogotá

Muestra tomada por el cliente.


 Germán Andres Palacios Avila
 Director de Laboratorio
 SGI Ltda
 PQI-468

Código: FO-GI-002/Versión: 6/Fecha: 2015-08-03



INFORME DE RESULTADOS V1-N° M16-1141

Bogotá D.C. viernes, 08 de julio de 2016

Página: 1 de 1

1. DATOS DEL CLIENTE							
Cliente:	María Camila Malagon S			Fecha de reporte:	2016-07-08		
Contacto:	María Camila Malagon S			Ciudad:	BOGOTÁ		
Dirección:	NR			NIT:	1022377496-9		
Teléfono:	3183979171			Departamento:	CUNDINAMARCA		
				E-mail:	spcamilita@hotmail.com/		
2. DATOS DE LA MUESTRA							
Proyecto:	La Salle			Punto de muestreo:	Rio Cotuhè 3		
ID Plan de Muestreo:	N/A			Coordenadas Muestra:	E: 70°08'08,3" N: 3°08'01,0"		
Matriz:	Agua	Tipo de muestra:	Puntual	Procedencia:	Amazonas/Tarapaca		
Clase de muestra:	Natural Lótico			Fecha y hora de muestreo:	2016-06-18	9:25	
Fecha de recepción:	2016-06-22			Condiciones Ambientales:	N/A		
Fecha de entrega:	2016-07-06			Responsable de Muestreo:	Camila Malagòn		
3. RESULTADO DE LABORATORIO							
ID	Parámetro	Método	Técnica	Unidad	Resultado	Fecha de Análisis	Límite de cuantificación
A784	b 1 Mercurio	SM 3114 C	A.A. Generador de Hidruro	mg/L	<0,001	2016-06-27	-
FIN DE ANALISIS							
bt. parámetros acreditados laboratorio subcontratado. - Resultado de laboratorio No. 3079-03 de Hidrolab Ltda. Resolución No. 1950 de 2013 del IDEAM.							

Observaciones:

Prohibida su reproducción total o parcial del presente resultado sin autorización escrita de S.G.I Ltda.

Referencia: SM STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22 ST EDITION 2012 APHA AWWA WEF

Referencia: METODOS NORMALIZADOS NTC Y EPA. SW-846.

Los resultados del presente Informe son válidos únicamente para la muestra analizada.

Origen de coordenadas del punto de Muestreo: Magna Sirgas Origen Bogotá

Muestra tomada por el cliente.

(Handwritten signature)

Germán Andres Palacios Avila
 Director de Laboratorio
 SGI Ltda
 PQI-468

Código: FO-GI-002/Versión: 6/Fecha: 2015-08-03



INFORME DE RESULTADOS V1-Nº M16-1142

Bogotá D.C. viernes, 08 de julio de 2016

Página: 1 de 1

1. DATOS DEL CLIENTE							
Cliente:	María Camila Malagon S			Fecha de reporte:	2016-07-08		
Contacto:	María Camila Malagon S			Ciudad:	BOGOTÁ	NIT:	1022377496-9
Dirección:	NR			Departamento:	CUNDINAMARCA		
Teléfono:	3183979171			E-mail:	spcamilita@hotmail.com/		
2. DATOS DE LA MUESTRA							
Proyecto:	La Salle		Punto de muestreo:	Rio Cotuhè 4			
ID Plan de Muestreo:	N/A		Coordenadas Muestra:	E:70°08'15,7" N: 3°08'06,6"			
Matriz:	Agua	Tipo de muestra:	Puntual	Procedencia:	Amazonas/Tarapaca		
Clase de muestra:	Natural Lótico		Fecha y hora de muestreo:	2016-06-18	9:40		
Fecha de recepción:	2016-06-22		Condiciones Ambientales:	N/A			
Fecha de entrega:	2016-07-06		Responsable de Muestreo:	Camila Malagòn			
3. RESULTADO DE LABORATORIO							
ID	Parámetro	Método	Técnica	Unidad	Resultado	Fecha de Análisis	Límite de cuantificación
A784 b 1	Mercurio	SM 3114 C	A.A. Generador de Hidruro	mg/L	0,002	2016-06-27	-
FIN DE ANALISIS							
b1. parámetros acreditados laboratorio subcontratado. - Resultado de laboratorio No. 3079-04 de Hidrolab Ltda. Resolución No.1950 de 2013 del IDEAM.							

Observaciones:

Prohibida su reproducción total o parcial del presente resultado sin autorización escrita de S.G.I Ltda.

Referencia: SM STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22 ST EDITION 2012 APHA AWWA WEF

Referencia: METODOS NORMALIZADOS NTC Y EPA. SW-846.

Los resultados del presente informe son válidos únicamente para la muestra analizada.

Origen de coordenadas del punto de Muestreo: Magna Sirgas Origen Bogotá

Muestra tomada por el cliente.

307-13
Germán Andres Palacios Avila
Director de Laboratorio
SGI Ltda
PQI-468

Código: FO-GI-002/Versión: 6/Fecha: 2015-08-03



INFORME DE RESULTADOS V1-N° M16-1143

Bogotá D.C. viernes, 08 de julio de 2016

Página: 1 de 1

1. DATOS DEL CLIENTE							
Cliente:	María Camila Malagon S			Fecha de reporte:	2016-07-08		
Contacto:	María Camila Malagon S			Ciudad:	BOGOTÁ		
Dirección:	NR			NIT:	1022377496-9		
Teléfono:	3183979171			Departamento:	CUNDINAMARCA		
				E-mail:	spcamilita@hotmail.com/		
2. DATOS DE LA MUESTRA							
Proyecto:	La Salle			Punto de muestreo:	Rio Cotuhè 5		
ID Plan de Muestreo:	N/A			Coordenadas Muestra:	E:70°08'57,5" N: 3°08'39,1"		
Matriz:	Agua	Tipo de muestra:	Puntual	Procedencia:	Amazonas/Tarapaca		
Clase de muestra:	Natural Lótico			Fecha y hora de muestreo:	2016-06-18	9:53	
Fecha de recepción:	2016-06-22			Condiciones Ambientales:	N/A		
Fecha de entrega:	2016-07-06			Responsable de Muestreo:	Camila Malagón		
3. RESULTADO DE LABORATORIO							
ID	Parámetro	Método	Técnica	Unidad	Resultado	Fecha de Análisis	Límite de cuantificación
A784	b 1 Mercurio	SM 3114 C	A.A. Generador de Hidruo	mg/L	<0,001	2016-07-06	-
FIN DE ANALISIS							
br. parámetros acreditados laboratorio subcontratado. - Resultado de laboratorio No. 3079-05 de Hidrolab Ltda. Resolución No.1950 de 2013 del IDEAM.							

Observaciones:

Prohibida su reproducción total o parcial del presente resultado sin autorización escrita de S.G.I.Ltda.

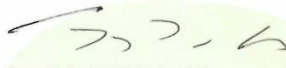
Referencia: SM STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22 ST EDITION 2012 APHA AWWA WEF

Referencia: METODOS NORMALIZADOS NTC Y EPA. SW-846.

Los resultados del presente informe son válidos únicamente para la muestra analizada.

Origen de coordenadas del punto de Muestreo: Magna Strgas Origen Bogotá

Muestra tomada por el cliente.


 Germán Andrés Palacios Avila
 Director de Laboratorio
 SGI Ltda
 PQI-468

Código: FO-GI-002/Versión: 6/Fecha: 2015-08-03



Servicios Geológicos Integrados Ltda.

Bogotá D.C.: www.sgiltida.com · office@sgiltida.com · Tel. +57(1) 7423371 - 7424101

Cel. +57 (312) 4574858 - (321) 4325177 Cr. 28 No. 83 - 28/34 Polo Club

INFORME DE RESULTADOS V1-N° M16-1144

Bogota D.C. viernes, 08 de julio de 2016

Página: 1 de 1

1. DATOS DEL CLIENTE							
Cliente:	María Camila Malagon S			Fecha de reporte:	2016-07-08		
Contacto:	María Camila Malagon S			Ciudad:	BOGOTÁ		
Dirección:	NR			Departamento:	CUNDINAMARCA		
Teléfono:	3183979171			E-mail:	spcamilita@hotmail.com/		
2. DATOS DE LA MUESTRA							
Proyecto:	La Salle			Punto de muestreo:	Rio Cotuhé 6		
ID Plan de Muestreo:	N/A			Coordenadas Muestra:	E: 70°08'38,4" N: 3°08'52,1"		
Matriz:	Agua	Tipo de muestra:	Puntual	Procedencia:	Amazonas/Tarapaca		
Clase de muestra:	Natural Lótico			Fecha y hora de muestreo:	2016-06-18	10:06	
Fecha de recepción:	2016-06-22			Condiciones Ambientales:	N/A		
Fecha de entrega:	2016-07-06			Responsable de Muestreo:	Camila Malagón		
3. RESULTADO DE LABORATORIO							
ID	Parámetro	Método	Técnica	Unidad	Resultado	Fecha de Análisis	Límite de cuantificación
A784	b) Mercurio	SM 3114 C	A.A. Generador de Hidru	mg/L	0,003	2016-07-06	-
FIN DE ANALISIS							
bi. parámetros acreditados laboratorio subcontratado. - Resultado de laboratorio No. 3079-06 de Hidrolab Ltda. Resolución No. 1950 de 2013 del IDEAM.							

Observaciones:

Prohibida su reproducción total o parcial del presente resultado sin autorización escrita de S.G.I Ltda.

Referencia: SM STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22 ST EDITION 2012 APHA AWWA WEF

Referencia: METODOS NORMALIZADOS NTC Y EPA. SW-846.

Los resultados del presente informe son válidos únicamente para la muestra analizada.

Origen de coordenadas del punto de Muestreo: Magna Sirgas Origen Bogotá

Muestra tomada por el cliente.

Germán Andres Palacios Avila
Director de Laboratorio
SGI Ltda
PQI-468

Código: FG-GI-002/Versión: 6/Fecha: 2015-08-03



Servicios Geológicos Integrados Ltda.

Bogotá D.C. · www.sgiltida.com · office@sgiltida.com · Tel. +57(1) 7423371 - 7424101

Cel. +57 (312) 4574858 - (321) 4325177 Cr. 28 No. 83 - 28/34 Polo Club