

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS

Madre de Dios Capital de la Biodiversidad del Perú



FACULTAD DE INGENIERIA

**ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL Y
MEDIO AMBIENTE**

TITULO DE LA TESIS:

**“EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN
CUERPOS DE AGUA DEJADOS POR LA MINERÍA AURÍFERA, EN LA
COMUNIDAD NATIVA DE TRES ISLAS DEL DEPARTAMENTO DE
MADRE DE DIOS”**

TESISTA: RAUL QUISPE AQUINO

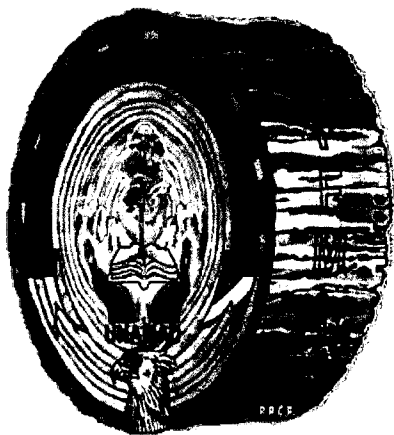
**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL Y
MEDIO AMBIENTE**

MADRE DE DIOS – PERU

- 2015 –

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS

Madre de Dios Capital de la Biodiversidad del Perú



FACULTAD DE INGENIERIA

**ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL Y
MEDIO AMBIENTE**

TITULO DE LA TESIS:

**“EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN
CUERPOS DE AGUA DEJADOS POR LA MINERÍA AURÍFERA, EN LA
COMUNIDAD NATIVA DE TRES ISLAS DEL DEPARTAMENTO DE
MADRE DE DIOS”**

TESISTA: RAUL QUISPE AQUINO

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL Y
MEDIO AMBIENTE**

MADRE DE DIOS - PUERTO MALDONADO – PERU

- 2015 –

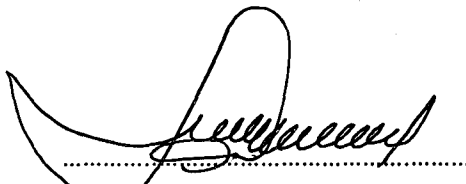
ACTA DE SUSTENTACION PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

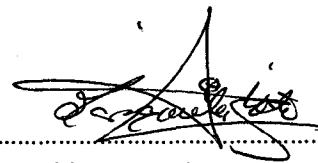
En el Anfiteatro N° 02 de la Ciudad Universitaria de la Universidad nacional Amazónica de Madre de Dios, siendo las 18:00 horas del día 20 de noviembre de 2015, dando cumplimiento a la Resolución N° 181-2015-UNAMAD-DFI, de fecha 28 de octubre de 2015, se reunieron los Miembros del Jurado para la sustentación del trabajo de tesis intitulado **“EVALUACION DE LA CONTAMINACION POR METALES PESADOS EN CUERPOS DE AGUA DEJADOS POR LA MINERIA AURIFERA EN LA COMUNIDAD NATIVA DE TRES ISLAS DEL DEPARTAMENTO DE MADRE DE DIOS”**, presentado por el Bachiller: Raúl Quispe Aquino, integrado por los siguientes docentes:

- Dr. Carlos Emerico Nieto Ramos Presidente
- M.Sc. Hilda Margarita Soto Benavente Secretaria
- Ing. Mauro vela Da-Fonseca Vocal

Con la finalidad de evaluar el trabajo de tesis intitulado antes mencionado. Acto seguido se procedió con la exposición del trabajo de tesis por parte del sustentante, el jurado procede con la fase de preguntas respectivas y luego el sustento del tesista. Acto seguido el jurado procede a deliberar de forma reservada y libremente, declarando el trabajo expuesto con el calificativo de BUENO y una nota de QUINCE (15), previo a esto el graduando deberá de realizar el levantamiento a las observaciones entregadas por el jurado calificador.

En fe de lo cual firmamos la presente acta, siendo las 19:15 Horas del día 20 de noviembre de 2015, se dio por culminado el presente acto de sustentación.


.....
Dr. Carlos Nieto Ramos
Presidente


.....
M.Sc. Hilda Margarita Soto Benavente
Presidente

.....
Ing. Mauro vela Da- Fonseca
Vocal

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a...

A Dios (**SER TODOPODEROSO**), por la salud, fuerza y bendición brindada cada día en mi vida, por velar y guardar mi salir y entrar en todo momento y por bendecirme con el regalo más valioso.... la familia.

Especialmente a mis padres (Pantaleón Quispe Suyo y Paulina Aquino Tunque), quienes son los mejores del mundo, mis primeros maestros cariñosos, comprensivos y pacientes, que han guiado siempre mi camino y han depositado su confianza en mí, para convertirme en un profesional.

Mis hermanos (Saida, Rosmery, Raul, Juan José) y toda mi familia por su apoyo incondicional... por su gran afecto, por alentarme siempre en mis estudios.

Y a mis profesores por confiar en mí, al Ing. Telesforo y Quim. Liset, por tener la paciencia necesaria y apoyo incondicional en la culminación de mi tesis... finalmente a todos mis compañeros que me apoyaron en cada momento de mi formación profesional.....

Raul Quispe Aquino

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme culminar una meta más en mi vida.

Este trabajo se realizó gracias al financiamiento de la Asociación Huarayo en el marco del proyecto HED por el interés y compromiso por la región de Madre de Dios con apoyo de la Universidad de Florida y USAID, que busca contribuir la consolidación en el marco del medio ambiente a través de cooperación de instituciones gubernamentales y no gubernamentales. Así promueve la investigación, el fortalecimiento y compromisos de capacidades para el desarrollo político y público. Al coordinador Blgo. M.Sc. Julio Araujo del proyecto HED por su colaboración en aspectos logísticos y administrativos.

A la comunidad nativa de Tres Islas y a todos los comuneros su presidente y su junta directiva por apoyarme de buena fe en su hospitalidad y al conocimiento del acceso hacia el lugar del estudio.

A mi alma mater, Universidad Nacional Amazónica Madre de Dios y a los docentes de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, por brindarme una formación académica, profesional y albergarme durante la mejor etapa del estudio.

A mi asesor de tesis: Ing. M.Sc. Telesforo Vásquez Zavaleta y Coasesora M.Sc. Liset Rodríguez Achata; a los profesionales especialistas en materia ambiental Dr. Raul Loayza, Dr. Francisco Román por contribuir en mi formación académica, profesional y culminación de tesis.

A mis amigos y colaboradores: Blgo. Dennis, Cesar Colina Nano, por su apoyo en el presente trabajo. A todos mis amigos mi más sincero, aprecio y agradecimiento.

PRESENTACIÓN

En la actualidad, la contaminación por la actividad minera en la comunidad nativa de Tres Islas es muy relevante, en los últimos años la actividad antropogénica va ocasionando la contaminación del aire, agua, y otros componentes del medio ambiente de los ecosistemas amazónicos, por lo general el ecosistema entra en resiliencia con la misma velocidad con la que se produce la actividad en un área. Esto lleva a la destrucción de muchos ecosistemas y por tanto una pérdida importante de diversidad biológica, también se ve amenazado el futuro de las poblaciones indígenas así como en la comunidad nativa de Tres Islas en el sector de 28 de Julio, el cual está ubicado en la ribera del río, dado que los existentes de cuerpos de aguas tienden a disminuir y/o desaparecer debido a los trabajos antrópicos.

En este contexto se decidió realizar un estudio de la contaminación por metales pesados en cuerpos de agua dejados por la actividad minera aurífera en la comunidad nativa de Tres Islas que fue realizado en el sector de 28 de Julio. La comunidad nativa de Tres Islas, tiene habitantes indígenas dedicados a diferentes actividades: agrícolas, ganadera, minera, castañera, maderera, entre otras. Es la causa de la actividad del hombre por la necesidad humana, se ve obligado a realizar actividad que pone en desequilibrio el ecosistema en la comunidad nativa de Tres Islas, que ha sido afectado en los últimos años con la actividad minera aurífera, determinando nivel de contaminación a través de impactos de su medio como es la contaminación del agua por metales pesados, provocando distintos niveles de contaminación alterando las características fisicoquímicas del agua y bioindicadores propias del agua y sus componentes.

En este trabajo de estudio sobre la contaminación del agua por metales pesados en la comunidad nativa de Tres Islas, al principio se partió de un problema que aqueja a la comunidad nativa de Tres Islas, planteando hipótesis con objetivos claros. El contenido de metales pesados en agua y sedimento, son susceptibles a moverse pudiendo afectar, en mayor o menor medida al medio acuático, generalmente ha sido afectada por los desechos de la utilización de equipos para minería aurífera y el material mercurio (Hg) utilizado para la amalgamación de oro, los componentes de la utilización de materiales y equipos que ha sido la procedencia de los metales pesados alterando no solo al agua si no a sus componentes del medio acuático (Romero, 2009). En la actualidad, la contaminación de metales pesados cualquiera que sea su naturaleza, provoca en las especies, en las

estructuras o en las relaciones tróficas, perturbaciones que conducen a profundas alteraciones en los sistemas biológicos y en el hombre.

Este estudio se enmarca en los análisis de metales pesados principalmente en el mercurio, realizado en los cuerpos de agua que son receptores de diferentes tipos de desechos, ya sea naturales o contaminantes según (García, 1995), debido a ello la contaminación en sedimentos trae consigo un aumento de la turbidez de agua, cambios en los recursos hidrobiológicos, modificación de lecho de los ríos, obstaculización del paso de animales silvestres y lo importante la reducción de la calidad del agua.

Así mismo el presente trabajo de estudio de la contaminación por metales pesados en cuerpos de agua dejados por la actividad minera aurífera en la comunidad nativa de Tres Islas, para tener en claro la contaminación por metales pesados en cuerpos de agua, se procedió a tomar datos de parámetros de agua para comparar con los estándares de calidad ambiental (ECA) para aguas superficiales de ríos de la selva y la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), siguiendo la metodología de Autoridad Nacional de Agua (ANA). De acuerdo a los resultados, se tiene la conclusión y recomendación si es aceptable o no es aceptable para los recursos naturales que fluctúan, al entorno de las pozas evaluadas.

Finalmente el estudio se llevó a cabo en colaboración de los asesores, colaboradores y el proyecto HED, en coordinación y apoyo con la universidad de Florida y USAID.

INDICE GENERAL

PRESENTACIÓN	3
INDICE GENERAL	5
INDICE DE CUADROS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
LISTA DE ANEXOS.....	13
RESUMEN.....	14
ABSTRACT.....	15
INTRODUCCIÓN.....	16
IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	17
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	18
DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
OBJETIVOS	19
Objetivo general	19
Objetivo específico	19
HIPÓTESIS.....	20
Hipótesis central.....	20
Hipótesis alterna.....	20
Hipótesis nula	20
Hipótesis derivadas	20
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	21
1.1. ANTECEDENTES	21
1.2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	24
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	36
2.1. MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.....	36
2.1.1. Localización Geográfica	37

2.1.2. Descripción del área de estudio	38
2.2. METODOLOGÍA.....	40
2.2.1. Metodología de Muestreo.....	40
2.2.1.1. Consideraciones estadísticas para número de muestras.....	40
2.2.1.2. Determinación del número de muestras	41
2.2.1.3. Ubicación de los Puntos de Muestreo	42
2.2.1.4. Selección de parámetros de muestreo	43
2.2.1.5. Recipientes utilizados para muestreo	43
2.2.1.6. Etiquetado.....	43
2.2.1.7. Forma de recolectar las muestras	43
2.2.1.8. Preservación, consideración y traslado de las muestras al laboratorio de análisis.....	46
2.2.2 Lugar de análisis de muestras.....	49
2.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN	50
2.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	50
2.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS	50
2.5.1. Fuentes de información	50
2.5.2. Metodología de análisis de metales pesados.....	50
2.5.3. Metodología de análisis de bioindicadores.....	51
2.5.4. Metodología de análisis químico de agua y sedimento.....	52
2.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	53
CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES	55
3.1. RESULTADOS DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUA, METALES PESADOS EN AGUA Y SEDIMENTO Y BIOINDICADORES.....	55
3.1.1. Resultados de parámetros Físico-químicos de agua.....	55
3.1.1.1. Análisis Estadístico de parámetros Físico-químicos de agua.....	56
3.1.1.2. Comparación Estadística con límites permisibles nacionales.....	57

3.1.2. Resultados de metales pesados de agua.	59
3.1.2.1. Análisis Estadístico de metales pesados de agua.....	60
3.1.2.2. Análisis Estadístico por tiempo de abandono de las pozas.	61
3.1.2.3. Comparación Estadística con límites permisibles nacionales e internacionales.....	63
3.1.3. Resultados de metales pesados de sedimento.....	65
3.1.3.1. Análisis Estadístico de metales pesados de sedimento	66
3.1.3.2. Análisis Estadístico de tiempo de abandono de las pozas.....	67
3.1.3.3. Comparación Estadística con límites permisibles internacionales	69
3.1.4. Resultados de bioindicadores	72
a) Bentos.....	72
b) Plancton.....	75
3.1.4.1. Análisis descriptivo de bioindicadores	78
3.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUA, METALES PESADOS EN AGUA Y SEDIMENTO Y BIOINDICADORES.....	79
CONCLUSIONES.....	83
RECOMENDACIONES.....	84
BIBLIOGRAFIA.....	85
ANEXOS.....	93

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Concentración de metales pesados en varios tipos de rocas ($\mu\text{g/g}$).	30
Cuadro 2. Concentraciones de Hg en varias matrices medioambientales (ng/g).	31
Cuadro 3. Lista de materiales, reactivos, equipos, herramientas y programas utilizados.	36
Cuadro 4. Puntos de muestreo o pozas de estudio para metales pesados en agua y sedimento.	41
Cuadro 5. Puntos de muestreo o pozas de estudio para determinar los Bioindicadores, para muestras de Bentos y Plancton.....	42
Cuadro 6. Resultados de los parámetros Físico-químicos del agua.	55
Cuadro 7. Estadística de los parámetros Físico-químicos de agua de las seis pozas evaluadas, (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$).	56
Cuadro 8. Parámetros Físico-químicos por poza de estudio acorde a los estándares de calidad ambiental para agua.	57
Cuadro 9. Resultados de análisis de laboratorio evaluados de metales pesados de agua.	59
Cuadro 10. Aplicación estadística en la concentración promedio de metales pesados en muestras de agua de las seis pozas estudiadas, (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$).	60
Cuadro 11. Análisis de Varianza por tiempo de abandono (años) de pozas en agua, (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$).....	61
Cuadro 12. Resultado de metales pesados evaluados (\pm desviación estándar) para agua con los Estándares de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de la selva (ECA).....	63
Cuadro 13. Resultados de análisis de laboratorio evaluados para corrida de metales en sedimento.	66

Cuadro 14. Análisis estadístico de metales pesados de sedimento. (ANOVA, Prueba de Tukey, P<0.05).	66
Cuadro 15. Análisis estadístico de ANOVA de pozas por el tiempo de abandono (años) en sedimento, (ANOVA, Prueba de Tukey, P<0.05).	67
Cuadro 16. Resultado de metales pesados evaluados (\pm desviación estándar) para sedimento aplicando los límites permisibles de USEPA.	69
Cuadro 17. Distribución de índices de diversidad para Bentos en las seis pozas/puntos de muestreo.	78
Cuadro 18. Distribución de índices de diversidad para Plancton en las seis pozas o puntos de muestreo.	79
Cuadro 19. Operacionalización de Variables e Indicadores.	93
Cuadro 20. Ficha de cadena de custodia para determinar muestras al momento de monitoreo.	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo biogeoquímico general de los metales pesados (Hermógenes, 2001).....	29
Figura 2. Ciclo biogeoquímico del mercurio en áreas auríferas de la amazonia, Harris et al. (2007).	32
Figura 3. Ciclo biogeoquímico del Plomo (Pb) (Badillo, 2001).	33
Figura 4. Ciclo biogeoquímico del As (Martínez, 2005).....	35
Figura 5. Ubicación del área de estudio (elaboración propia, 2015).	37
Figura 6. Mapa de altitud del área de estudio (elaboración propia, 2015).....	38
Figura 7. Esquema de la poza para medir profundidad y su posterior muestreo (Elaboración propia, 2014).	44
Figura 8. Esquema para el muestreo para Agua y Sedimento (Elaboración propia, 2014).	44
Figura 9. Esquema para la toma de muestra de Plancton (Elaboración propia, 2015). ...	45
Figura 10. Muestreador tipo Hess para Plancton (Elaboración propia, 2015).	45
Figura 11. Esquema para la toma de muestra de bentos (elaboración propia, 2015).....	46
Figura 12. Muestreador de Surber para la toma de muestra de Bentos (Elaboración propia, 2015).	46
Figura 13. Diagrama con barras de error al 5% con línea límite permisible establecido por ECA para potencial de hidrogenión (pH) (Elaboración propia, 2015).	58
Figura 14. Diagrama con barras de error al 5% con línea límite permisible establecido por ECA para oxígeno disuelto (OD) (Elaboración propia, 2015).....	58
Figura 15. Diagrama con barras de error al 5% con línea límite permisible por ECA para solidos totales disueltos (STD) (Elaboración propia, 2015).....	59
Figura 16. Diagrama con barras de error al 5% con línea límite permisible por ECA para temperatura (T°) (Elaboración propia, 2015).....	59
Figura 17. Diagrama con barras de error al 5% para Arsenico (As) (Elaboración propia, 2015).	62
Figura 18. Diagrama con barras de error al 5% para Cadmio (Cd) (Elaboración propia, 2015).	62
Figura 19. Diagrama con barras de error al 5% para Cobre (Cu) (Elaboración propia, 2015).	62

Figura 20. Diagrama con barras de error al 5% para Plomo (Pb) (Elaboración propia, 2015).	62
Figura 21. Valores promedio y variabilidad de Arsénico (As) en cada una de las pozas de muestreo, denotando que no hubo diferencias significativas (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$). Comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de la selva (Elaboración propia, 2015).	64
Figura 22. Valores promedio y variabilidad de Cadmio (Cd) en cada una de las pozas de muestreo, denotando que no hubo diferencias significativas (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$). Comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de la selva (Elaboración propia, 2015).	64
Figura 23. Valores promedio y variabilidad de Cobre (Cu) en cada una de las pozas de muestreo, denotando que no hubo diferencias significativas (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$). Comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de la selva (Elaboración propia, 2015).	65
Figura 24. Valores promedio y variabilidad de Plomo (Pb) en cada una de las pozas de muestreo, denotando que no hubo diferencias significativas (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$). Comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de la selva (Elaboración propia, 2015).	65
Figura 25. Diagrama con barras de error al 5% para arsénico (As) (Elaboración propia, 2015).	68
Figura 26. Diagrama con barras de error al 5% para cadmio (Cd) (Elaboración propia, 2015).	68
Figura 27. Diagrama con barras de error al 5% para cobre (Cu) (Elaboración propia, 2015).	68
Figura 28. Diagrama con barras de error al 5% para mercurio (Hg) (Elaboración propia, 2015).	68
Figura 29. Diagrama con barras de error al 5% para plomo (Pb) (Elaboración propia, 2015).	69
Figura 30. Valores promedio y variabilidad de arsénico (As) en cada una de las pozas de muestreo, denotando que no hubo diferencias significativas (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$). Comparando con los estándares de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (Elaboración propia, 2015).	70
Figura 31. Valores promedio y variabilidad de cadmio (Cd) en cada una de las pozas de muestreo, denotando que no hubo diferencias significativas (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$). Comparando con los estándares de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (Elaboración propia, 2015).	70

Figura 32. Valores promedio y variabilidad de cobre (Cu) en cada una de las pozas de muestreo, denotando que no hubo diferencias significativas (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$). Comparando con los estándares de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (Elaboración propia, 2015).	71
Figura 33. Valores promedio y variabilidad de mercurio (Hg) en cada una de las pozas de muestreo, denotando que no hubo diferencias significativas (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$). Comparando con los estándares de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (Elaboración propia, 2015).	71
Figura 34. Valores promedio y variabilidad del plomo (Pb) en cada una de las pozas de muestreo, denotando que no hubo diferencias significativas (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$). Comparando con los estándares de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (Elaboración propia, 2015).	72
Figura 35. Índice total de especímenes de Bentos en las pozas de estudio en la comunidad nativa de Tres Islas.	74
Figura 36. Índices de abundancia y riqueza de bentos en las pozas de estudio en la comunidad nativa de tres islas.	75
Figura 37. Índice total de especímenes de Fitoplancton en las pozas de estudio en la comunidad nativa de Tres Islas.	76
Figura 38. Índices de Abundancia y Riqueza de Fitoplancton en las pozas de estudio en la comunidad nativa de Tres Islas.	76
Figura 39. Índice total de especímenes de Zooplancton en las pozas de estudio en la comunidad nativa de Tres Islas.	77
Figura 40. Índices de Abundancia y Riqueza de Zooplancton en las pozas de estudio en la comunidad nativa de Tres Islas.	78

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. SISTEMA DE VARIABLES E INDICADORES.....	93
Anexo 2. Registro Fotográfico de la secuencia del estudio en la C. N. de Tres Islas.	97
Anexo 3. Cuadro de Norma Peruana aplicable para calidad de agua en ríos de selva (D.S. N° 002-2008-MINAM).....	103
Anexo 4. Imagen de cuadro de la Agencia para la Protección Ambiental (USEPA) aplicables para calidad de agua.....	104
Anexo 5. Clases de calidad de agua, valores BMWP y colores para representaciones cartográficas.....	106
Anexo 6. Resultados de análisis de metales pesados y Bioindicadores.	107

RESUMEN

El Departamento amazónico de Madre de Dios, es un área excepcional de la biodiversidad y uno de los fragmentos más grandes e interrumpidos de bosques húmedos tropicales que quedan en la región. No obstante en la comunidad nativa de Tres Islas, son muy pocos los estudios con rigor científico sobre la contaminación por metales pesados en cuerpos de agua dejados por la minería aurífera, que evalúa el ECA para agua en áreas con ecosistemas perturbadas por la actividad del hombre.

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la contaminación por metales pesados en cuerpos de agua dejados por la actividad minera aurífera. La metodología se desarrolló, mediante un estudio descriptivo por cuanto se obtienen datos primarios y no se lleva a cabo ninguna modificación en las variables de estudio, de diseño transversal y relacional. El lugar de estudio se ubicó en la comunidad Nativa de Tres Islas en el sector 28 de Julio del departamento de Madre de Dios, se evaluó 6 pozas, en un solo periodo (final de estiaje), se analizaron in situ parámetros Físico-químicos, para metales pesados de agua y sedimento se tomó en cuenta metales pesados así como: Cd, Cu, Hg, As y Pb, así mismo se determinó parámetros de bioindicadores en época de lluvia (Plancton y Bentos) para evaluar el índice de la calidad de agua. Se determinó in situ muestras para evaluación de metales pesados en agua, sedimento y bioindicadores. Los análisis de metales pesados tanto de agua como de sedimentos se realizó en el laboratorio SAG S.A.C. acreditado por INDECOPI, en la segunda fase del proyecto de muestreo de bioindicadores para evaluación final de la calidad de agua, se realizó en el departamento de Limnología Museo de historia Natural - UNMSM. Finalmente se determinó resultados estadísticos de parámetros Físico-químicos de agua, metales pesados de agua, sedimento y bioindicadores; los resultados estadísticos se aplicaron con ECA y USEPA. Así mismo se analizó el nivel de contaminación por metales pesados y la determinación de los índices de calidad de agua, los análisis obtenidos servirán para diferenciar las futuras investigaciones y posibles recomendaciones para el manejo de agua y reducir impactos de la actividad minera aurífera aluvial en la comunidad Nativa de Tres Islas.

PALABRAS CLAVES:

Cuerpos de agua dejados por la minería aurífera, Metales pesados, Bioindicadores, Calidad de agua, Estándares de Calidad Ambiental para agua.

ABSTRACT

The department Madre de Dios Amazon, it is an exceptional area of biodiversity and one of the largest and disrupted fragments of remaining tropical rainforests in the region. However in the native community of Tres Islas, very few rigorous scientific studies on heavy metal pollution in bodies of water left by gold mining, evaluating the ECA water ecosystems in areas disturbed by human activity.

This research aims to evaluate the heavy metals in water bodies left by the alluvial gold mining. The methodology was developed, a descriptive cross-sectional study, exploratory and correlational. The study site was located in the native community of Tres Islas in the sector 28 of July the Madre de Dios Region, six pools was evaluated, in one period (end of dry season), they were analyzed in situ physicochemical parameters, Heavy metals and sediment water was taken into account heavy metals and: Cd, Cu, Hg, As y Pb, likewise determined parameters bioindicators (Plankton and Benthos) to assess the rate of water quality. It was determined in situ evaluation samples of heavy metals in water, sediment and biomarkers. The heavy metal analysis of both water and sediment was conducted in the laboratory SAG S.A.C. accredited by INDECOPI, in the second phase of sampling bioindicators for final evaluation of water quality, it was held in the department Limnology Museum of Natural History – UNMSM. Finally statistical results is determined physicochemical parameters of the water, heavy metals from water, sediment and biomarkers; statistical results apply to ECA and USEPA. Also the level of contamination by heavy metals and the determination of water quality indices analyzed, analyzes obtained serve to differentiate further research and possible recommendations for water management, impacted by the alluvial gold mining in the native community of Tres Islas.

KEY WORDS:

Bodies of water left by gold mining, Heavy metals, bioindicators, Water quality, Environmental Quality Standards for Water.

INTRODUCCIÓN

Los cuerpos de agua en el Perú, viene perdiendo la naturalidad por la contaminación actuada de actividades de la minería que toma gran impulso en la amazonia, con vistos de informalidad; a partir de la década del 80 en un contexto de recesión económica, crisis del campo, violencia política y que determinan los procesos migratorios, Cruz Guillermo et al. (2007). Tal es el caso de aquellos suelos aluviales de restinga localizados en la ribera de cuerpos de agua cuyo potencial, desde el punto de vista de ecosistemas productivos, puede estar en la producción hidrobiológica que depende sustantivamente de la floresta y todo esto pierde su proceso por la acumulación de metales pesados. El agua juega un papel importante en la Amazonía y su influencia, contribuye también con la diversidad ecológica, encontrándose ecosistemas típicamente acuáticos, como los ríos y lagos, ecosistemas inundables por los diversos cuerpos de agua, y que durante una temporada se comportan como sistemas acuáticos y en otras como terrestres, y ecosistemas de tierra firme o de altura, que no son afectados por la creciente de los ríos.

El presente estudio de los metales pesados en cuerpos de agua dejados por la minería aurífera aluvial en la Comunidad nativa de Tres Islas, enmarca la contaminación por metales pesados que están presentes naturalmente en los suelos y también distribuidos por la acción antropogénica de la actividad minera, en los últimos años según los estudios realizados en muchos países y en el Perú, se ha presentado una acumulación antropogénica por las actividades industriales, agrícolas y la disposición de residuos de todo tipo, Giuffre et al. (2005). Es muy importante mencionar que la minería aurífera practicada en la región de Madre de Dios es parte de grandes cantidades de vertido de mercurio y otros metales pesados. Se considera metal pesado aquel elemento que tiene una densidad igual o superior a 5 g/cm^3 cuando está en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo los metales alcalinos y alcalino-térreos) (García & Domonson, 2005).

Aunque la definición de los metales pesados, son también elementos esenciales para las plantas como el Fe, Cu, Mn, Zn u otros esenciales para los animales como Co, Cr, Ni (mendoza, 2006). Los metales más comunes y ampliamente distribuidos como contaminantes ambientales incluyen plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg) y el metaloide arsénico (As) (Sanchez, 2003). Muchos metales en su comportamiento metálico son tóxicos así como el Ar, Sb y Si, en grandes cantidades de absorción por las plantas hace que altere la fisiología y su crecimiento.

Cabe indicar que la actividad minera aurífera artesanal, se presentan en diferentes lugares del país, impulsadas a partir de los años 80, en un contexto de precios altos de los metales, alimentados por procesos migratorios generados por la recesión económica, las mejores oportunidades que se han dado a lo largo del tiempo hasta hoy están en los yacimientos mineros de Madre de Dios, Puno y del llamado sur Medio (Ica, Arequipa, Ayacucho), muchas veces aprovechando los yacimientos abandonados (DIGESA, 2012).

En el marco del estudio se evaluó los parámetros Físico-químicos del agua, metales pesados de agua y sedimento y bioindicadores del agua, se determinó el nivel de contaminación en la comunidad nativa de Tres islas sector 28 de Julio, a través de los resultados de corrida de metales analizados en laboratorio, se evaluó específicamente los metales pesados y tóxicos para el medio ambiente, estadísticamente se aplicó la evaluación con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua en ríos de la selva (ECA) y la Agencia para la Protección ambiental de los Estados Unidos (USEPA), finalmente se tomó en cuenta los bioindicadores como parte de la determinación de los índices de calidad de agua. El estudio con los resultados obtenidos se procedió a comprometer a la comunidad nativa de Tres Islas con visión de afianzarse más con el medio ambiente y fortalecer trabajos equitativos con la agricultura, ganadería, y minería que son parte de la actividad de la comunidad nativa con el medio ambiente.

Identificación y determinación del problema

En la zona de la comunidad nativa de Tres Islas se ha desarrollado actividad aluvial aurífera a través de diferentes métodos de extracción, esta actividad se ha desarrollado de manera informal e ilegal, así como otras actividades como la agricultura y parte de la ganadería para la subsistencia y comercio de la población, Mosquera et al. (2008). La determinación de los metales pesados en el marco de esta investigación en la actividad aurífera aluvial así como: Cadmio (Cd), Arsénico (As), Plomo (Pb), Cobre (Cu), Mercurio (Hg); algunos metales químicos han influenciado en mayor proporción en la fauna y flora que además son tóxicos, son acumulables por los organismos que los absorben y pasan un proceso químico dentro del organismo, esta a su vez son fuente de alimentación en las redes tróficas transferidos de acuerdo al eslabón o pirámide alimenticia llegando en muchos casos para el consumo del hombre (Forsberg, 2013).

Cabe indicar, la zona de la comunidad nativa de Tres Islas ha sido deteriorada e impactada a la vez la flora y fauna, incrementándose el crecimiento de la población y sus actividades mineras, productivas y de subsistencia, dejando cuerpos de agua con metales pesados

(Barbieri, 2006). Por lo tanto no hay aspectos relacionados con la distribución y disponibilidad de metales pesados en cuerpos de agua dejados por la actividad minera, varios estudios realizados por organizaciones como la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en varias cuencas de Madre de Dios, muestra altos niveles de contaminación por metales pesados, incluyendo mercurio, arsénico, plomo, cadmio y níquel. Los ríos de la cuenca del Inambari son los que muestran mayores concentraciones de metales pesados, Alvarez et al. (2011).

La concentración de mercurio, arsénico, plomo y níquel, que están entre los metales más tóxicos, superan los límites máximos permisibles y constituyen un riesgo muy alto para la salud de las personas, así como de la fauna y la flora que habitan estos ecosistemas (DIGESA, 2011).

Como se indicó en varias localidades adyacentes a la minería aurífera, así como en Laberinto aledaña de la comunidad nativa de Tres Islas, indican las concentraciones de mercurio por encima del nivel máximo permitido de $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ a diferencias de otros metales pesados (CENSOPAS, 2010).

Tomando en cuenta la problemática, la presente investigación evaluó la contaminación de los metales pesados en cuerpos de agua dejados por la minería aurífera aluvial en el sector de 28 de Julio en la comunidad nativa de Tres Islas del distrito de Tambopata, se aplicó los ECA nacionales y USEPA de los EE.UU.

Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de contaminación de metales pesados en cuerpos de agua dejados por la minería aurífera en la comunidad nativa de Tres Islas?

Justificación e importancia

La exposición a los metales pesados, constituyen una preocupación importante en la salud pública y ambiental por sus efectos tóxicos en animales y plantas, las mismas que son intoxicaciones agudas por exposición a altos niveles o intoxicaciones crónicas por exposiciones a bajos niveles durante periodos prolongados de tiempo (WHO, 2005).

Los resultados que se obtuvieron del presente estudio, permitió conocer el nivel de contaminación por el mercurio y metales pesados en las pozas dejadas por la actividad minera aurífera, determinando la calidad de agua a través de los bioindicadores.

Desde esa perspectiva en esta investigación se tomó datos en forma integral para comparar con ECA y USEPA para determinar el nivel de contaminación de metales pesados por la actividad minera aurífera en cuerpos de agua, así mismo aportar recomendaciones en cuanto a la contaminación de metales pesados para prevención y manejo del medio ambiente, que influye con la calidad de vida en el entorno de la comunidad nativa de Tres Islas.

La importancia del estudio de metales pesados en cuerpos de agua dejados por la minería aurífera en la zona de la comunidad nativa de Tres Islas, hace que existen, diferentes fuentes de vida así como ecológica, económica lo cual en sus habitantes existen una gama de organismos así como áreas de valor natural y ecológico que esto a su vez se relacionan mucho con los cuerpos de agua, que son una fuente para el organismo, dado el estudio realizado va ha concientizar a las autoridades ambientales de la región y el país a tomar las medidas correctivas necesarias.

Delimitación de la investigación

Por razones presupuestales, el estudio fue realizado en el ámbito de la comunidad nativa de Tres Islas en el sector de 28 de Julio, y los análisis de metales fue: corrida de metales, dentro de los resultados del análisis de laboratorio para el estudio fue de metales pesados y principalmente de mercurio.

Objetivos

Objetivo general

- Evaluar el nivel de contaminación por metales pesados en cuerpos de agua dejados por la minería aurífera, ubicado en la comunidad nativa de Tres Islas en el distrito y provincia de Tambopata del departamento de Madre de Dios.

Objetivo específico

- Evaluar los parámetros Físico-químicos en cuerpos de agua dejados por la actividad minera aurífera.
- Evaluar los parámetros de metales pesados: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), mercurio (Hg), y plomo (Pb) de agua y sedimentos dejados por la actividad minera aurífera.

- Determinar si el nivel de contaminación de los parámetros Físico-químicos de agua y metales pesados de agua y sedimentos de las pozas están por encima de ECA y USEPA.
- Evaluar los Bioindicadores de la calidad del agua.

Hipótesis

Hipótesis central

Los cuerpos de agua dejados por la minería aurífera en la comunidad nativa de Tres Islas, tienen niveles de contaminación de metales pesados que sobrepasan el ECA y USEPA.

Hipótesis alterna

H_1 : Existe un nivel de contaminación por parámetros Físico-químicos y metales pesados sobrepasando los estándares de calidad ambiental para agua (ECA) y USEPA en sedimentos dejados por la minería aurífera aluvial en el sector de la comunidad nativa de Tres Islas.

Hipótesis nula

H_0 : No existe nivel de contaminación por parámetros Físico-químicos y metales pesados por lo tanto cumple los estándares de calidad ambiental para agua (ECA) y USEPA en sedimentos dejados por la minería aurífera aluvial en el sector de la comunidad nativa de Tres Islas.

Hipótesis derivadas

- Los parámetros Físico-químicos evaluados en cuerpos de agua dejados por la actividad minera aurífera muestran alto índice de comparación.
- Los parámetros de metales pesados: Cadmio (Cd), Cobre (Cu), mercurio (Hg), Arsénico (As) y Plomo (Pb) de agua y sedimento dejados por la actividad minera aurífera muestran alto índice de comparación.
- El nivel de contaminación de parámetros Físico-químicos de agua y metales pesados en agua y sedimentos dejados por la actividad minera aurífera en comparación con ECA y USEPA son muy altos.
- Los parámetros de bioindicadores son muy bajos en relación a los estándares de calidad de agua.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Wayne Forsberg, Bruce (2013), La investigación explica sobre la dinámica del mercurio conocida en la región amazónica, la actividad minera aurífera aluvial y el incremento del mercurio considerable en la cuenca del río Madre de Dios, particularmente en las subcuencas de los ríos Inambari y Colorado, principalmente afectando a la zona de la comunidad nativa de Tres Islas. La liberación de mercurio gaseoso y líquido por la minería aurífera es la principal fuente antropogénica de mercurio en la cuenca amazónica y en las zonas mineras como principal fuente de aporte a los sistemas fluviales. Es importante considerar también que la erosión generada por la minería aurífera puede aumentar el aporte de mercurio a los sistemas fluviales ya que este metal está unido a los suelos removidos, y en algunas zonas de intensa extracción la erosión puede considerarse como la principal fuente de mercurio a los ríos y quebradas. "Grandes entradas de mercurio en los sistemas fluviales impactados por estas actividades han producido inquietud con respecto a los niveles de contaminación presentes en la región y los riesgos inherentes para la salud humana" (Brack & Sotero, 2011). Los informes preliminares sobre la contaminación de mercurio en los ríos, poblaciones de peces y humanas locales contribuyen a esta inquietud (Deza, 1996) (MINSA, 2010). En este documento se revisa de manera crítica la evidencia existente de la contaminación de mercurio en la cuenca del río Madre de Dios y se analizan las posibles consecuencias para la salud humana.

Solís Sotero, Víctor, (2013), La investigación, "estudio de la evaluación de concentración de metales pesados en agua y mercurio en sedimentos del río Nanay", se realizó el muestreo desde el caserío Libertad, hasta su desembocadura en el río Amazonas, en las épocas de creciente y vaciante del año. Los metales pesados que son introducido en un sistema acuático, generalmente son depositados a través de procesos de precipitación y sedimentación en la capa de sedimento (Perez & Avila, 1997), de tal manera que el sedimento provee información sumamente valiosa de la historia de la calidad del cuerpo de agua razón por lo cual algunos metales pesados pueden ser absorbidos en altas concentraciones por la vegetación. El mercurio, cobre, níquel, plomo, cobalto, cadmio, entre otros, son metales que se muestran como los más tóxicos en concentraciones excesivas para las plantas superiores (Alloway, 1995). Se debe considerar que los sedimentos, presentan contaminación de metales pesados, específicamente alta de

mercurio y que deja el río en época de vaciante, presenta sus riesgos para la salud humana, debido a que en estos lugares, se practica la agricultura.

Medina Cruz, G.; Arévalo Acha, J. & Quea J., Felipe (2007), Se indica, la contaminación de metales pesados como causa de la minería informal aplicada en la región de Madre de Dios, mencionando zonas de operación en llanura aluvial así como la comunidad nativa de Tres Islas con principales impactos ambientales. La contaminación por el mal uso de reactivos para el oro, la minería aurífera, particularmente en Huepetuhe (Madre de Dios); se caracteriza por el movimiento de grandes volúmenes de grava que conlleva a la eliminación de la cobertura vegetal, (la tala y quema de los bosques) la remoción del suelo; y la erosión forzada; así como también la acumulación de grandes pilas de material grueso que resulta del lavado de la grava durante el proceso de recuperación del oro y que al estar desprovistas de material fino no ofrece el sustrato adecuado para una recuperación natural. En el transcurso de los últimos 15 años, las operaciones auríferas han disturbado aproximadamente unas 7000 Ha. de bosque tropical en esta área particularmente en las cuencas de Huepetuhe, Caychihue y comunidades nativas en la región de Madre Dios, la investigación trata sobre las causas y consecuencias de la actividad minera en el transcurso del tiempo afectando a la comunidad nativa de Tres Islas.

Mosquera Leyva, Cesar (2009), El diagnóstico realizado en el aspecto social involucrado en la contaminación ambiental por la actividad minera en la región de Madre de Dios, los principales problemas de los desechos mineros relacionados con las actividades ambientales están relacionados con necesidades de estructura de suelo, agua y nutrientes, que requiere cualquier tipo de vegetación para poder desarrollarse, por ello una vez que el mercurio elemental se libera en el medio ambiente, no se puede limpiar se persiste durante décadas, incluso siglos (Ashe, 2012). En el primer caso, los desechos estériles (relaves en particular), presentan un tipo de partículas casi uniforme y muy pequeño (< 0,04mm). Esto se asocia a una desfavorable porosidad, aireación, nivel de infiltración y percolación, todos factores significativos para el crecimiento de la vegetación así como el mercurio y otros elementos de metales pesados. Otra importante consideración de los desechos mineros en el ambiente es que en su mayoría, presentan una muy baja concentración de nutrientes esenciales para las plantas, tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, esto hace que afecte el otro factor negativo que es la presencia de metales tóxicos (metales pesados), tales como plomo, cobre, zinc, cadmio, muchos de los cuales son tóxicos para las plantas.

Lynne Sherum, Peggy (2009), Es muy importante citar la investigación "Análisis de mercurio y plomo en aves rapaces de oro – minería áreas de la amazonia peruana". Las operaciones mineras tienen una alta producción de residuos de mercurio en el agua y el aire, así como de plomo, la investigación explica principalmente la actividad minera aurífera afectando la amazonia con los vertidos del mercurio. El mercurio que no está unido al oro, se vierte en las aguas residuales que devuelve al río; y mercurio que se une a oro es más tarde quemado para purificar el oro. Una vez que el mercurio elemental se libera en el medio ambiente, no se puede limpiar. Se persiste durante décadas, incluso siglos después tiene la minería cesado. En su estudio cuantificó el arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), mercurio (Hg) y plomo (Pb), en suelos que han sido impactados por la actividad del hombre. La extracción artesanal de oro ha hecho que utilice el mercurio para separar este valioso metal mediante un proceso de amalgamación, de todo el mercurio utilizado, el 20% es descargado directamente al río y otros 20% se pierde en la atmósfera. Se calcula que la descarga anual de mercurio a los ríos es entre 10 y 30 toneladas emanadas artesanalmente por actividades no controladas, con consecuencias directas en animales y por qué no en la flora.

Normatividad ambiental peruana

Ley general del ambiente 28611, Su establecimiento aprueba normas, parámetros, guías o directrices, orientados a prevenir el deterioro ambiental, para proteger la salud o la conservación de los recursos naturales y la diversidad biológica y no altera la vigencia de los ECA y LMP que sean aplicables según Art. 29°. El ECA es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no presenta riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos según Cap. III Art. 31°. El ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas. Es un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental. El LMP¹ guarda coherencia entre el nivel de protección ambiental establecido para una fuente determinada y los niveles

¹ Cap. III Art. 32°. 32.1 El Límite Máximo Permisible - LMP, es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio." D.L. N° 1055, publicado el 27 junio 2008

generales que se establecen en los ECA. La implementación de estos instrumentos debe asegurar que no se exceda la capacidad de carga de los ecosistemas, de acuerdo con las normas sobre la materia.

Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Se aprobó mediante el Decreto supremo N° 002-2008-MINAM, Art. 1°. Con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de gestión ambiental para la conservación del ambiente acuático ver anexo 3.

1.2. Revisión bibliográfica

Actividad minera aurífera

La actividad minera es muy empírica en todas sus fases, tanto de exploración como de explotación, por lo que se desperdician recursos (incluyendo oro) y se destruyen ecosistemas innecesariamente, esta actividad es aplicado por los mineros que lavan material con bajo contenido de oro por desconocimiento del contenido real (falta de estudios exploratorios previos); los métodos de lavado aurífero contamina innecesariamente una gran cantidad de agua; la disposición de las gravas removidas es caótica, destruyendo el paisaje y dificultando operaciones posteriores (MINSA, 2010).

El agua

El agua es la sustancia que más abunda en la Tierra y es la única que se encuentra en la atmósfera en estado líquido, sólido y gaseoso. La mayor reserva de agua está en los océanos, que contienen el 97% del agua que existe en la Tierra. Se trata de agua salada, que sólo permite la vida de la flora y fauna marina. El resto es agua dulce, pero no toda está disponible: gran parte permanece siempre helada, formando los casquetes polares y los glaciares (FAO, 2012). El agua es un recurso natural renovable, vulnerable, indispensable para la vida, insumo fundamental para las actividades humanas, estratégica para el desarrollo sostenible del país, no hay propiedad sobre el agua, solo se otorgan en uso a personas naturales o jurídicas, el uso del agua se otorga y ejerce en armonía con la protección ambiental (ANA, 2010).

Cuerpos de agua

Recibe este nombre las diferentes formas de agua encontradas en la naturaleza, ya sean, aguas superficiales, subterráneas, marinas o casquetes polares. Estas debido a su comportamiento son sujetas a diferentes tipos de estudios con el fin de entender y conocer acción. El cuerpo de agua debe ser un arroyo o río en su totalidad o en ciertos límites, o por el contrario debe ser un acuífero. Tributarios, lagos, brazos de ríos, estuarios, ensenadas y bahías son el resultado usualmente de combinaciones o alteraciones de ellos (Rodríguez, 1995).

Estándares de calidad ambiental (ECA)

Los estándares de calidad ambiental son los niveles permisibles de contaminantes en el aire, agua, suelo y otros recursos. Los contaminantes son cualquier materia o energía cuya naturaleza, ubicación, o cantidad (concentración) en el aire, agua o suelo produce o puede producir efectos no deseados de la salud humana o a los límites de la utilidad del recurso para el uso presente o futuro, (Aranda, 2013). Los estándares de calidad ambiental para el agua establece el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental (El Peruano, 2008), art. 4° (D.S. N°015-2006-EM) (OEFA, Abril 2014).

Límite máximo permisible (LMP)

Es la medida de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente o una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente (OEFA, Abril 2014).

Bioindicadores

La denominación de una especie como indicadora requiere de conocimiento previo respecto a su composición comunitaria bajo condiciones normales, incluyendo el ciclo de vida de las especies, su estacionalidad sus variaciones naturales, de manera que sea posible comparar las condiciones antes y después de una perturbación ambiental (Espino, 2000). El concepto de organismo indicador se refiere a especies seleccionadas por su

sensibilidad o tolerancia (normalmente es la sensibilidad) a varios parámetros. Usualmente los biólogos emplean bioindicadores de contaminación debido a su especificidad y fácil monitoreo, Silva Vasquez et al. (2006). En cada ecorregión existen especies fácilmente identificables que son las primeras en desaparecer con un aumento en las alteraciones causadas por el hombre. La declinación puede deberse a la mala calidad del agua, a la degradación del hábitat o a la combinación de estos dos factores (Perez, 1999).

Bentos

En ecología se llama bentos (del griego benthos, "fondo marino") a la comunidad formada por los organismos que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos (Peralta & León, 2006). El bentos se distingue del plancton y del necton, formados por organismos que habitan en la columna de agua. El adjetivo que se hace derivar de « bentos » es « bentónico ». Allí donde la luz alcanza el fondo, lo que depende de la profundidad y de la transparencia del medio, la comunidad incluye productores primarios fotosintetizadores (Espino, 2000). Las comunidades bentónicas más productivas y de mayor biodiversidad, también probablemente las más amenazadas, son los arrecifes de coral. La desorganización y empobrecimiento de las comunidades bentónicas por ciertas artes de pesca, como las redes de arrastre, están entre los mayores problemas ambientales. Las principales fuentes de alimento del plancton y el bentos son sustancias orgánicas que llegan arrastradas desde tierra firme. La profundidad del agua, la temperatura, la salinidad y el tipo de sustrato local determinan el bentos que encontramos en cada lugar.

Plancton

Se denomina plancton (del griego plagktós, 'errantes') al conjunto de organismos, principalmente microscópicos, que flotan en aguas saladas o dulces, más abundantes hasta los 200 metros de profundidad, aproximadamente. Se distingue del necton, palabra que denomina a todos los nadadores activos y del neuston, los que viven en la interface o límite con el aire, es decir, en la superficie, Ortega et al. (2007). Plancton (organismos que viven en suspensión en el agua), bentos (del fondo de ecosistemas acuáticos) y edafón (de la comunidad que habita los suelos).

Zooplancton

Se denomina zooplancton a la fracción del plancton constituida por seres que se alimentan, por ingestión, de materia orgánica ya elaborada. Está constituido por protozoos, es decir, protistas diversos, fagótrofos que engloban el alimento fagocitándolo. También por larvas de animales más grandes, como esponja, gusanos, equinodermos, moluscos o crustáceos,

y de otros artrópodos acuáticos, así como formas adultas de pequeño tamaño de crustáceos como copépodos o cladóceros, rotíferos, y fases juveniles de peces (alevines) (Tapia & Naranjo, 2008).

Fitoplancton

El nombre proviene de los términos griegos, (*Python*, "planta" y "plánktos", "vagabundo" o "el que va dando tumbos"), el fitoplancton se encuentra en la base de la cadena alimentaria de los ecosistemas acuáticos, ya que sirve de alimento a organismos mayores; es decir realiza la parte principal de la producción primaria en los ambientes acuáticos, sobre todos los animales marinos. Pero además de eso, el fitoplancton es el responsable original de la presencia de oxígeno (O₂) en la atmósfera, Arellano et al. (2005). La fotosíntesis estuvo prácticamente restringida a los mares. La mayor parte de la producción primaria fotosintética de los mares, entonces como ahora, es atribuible al fitoplancton, Silva Vasquez et al. (2006).

El fitoplancton también puede ser responsable de algunos problemas ecológicos cuando se desarrolla demasiado: en una situación de exceso de nutrientes y de temperatura favorable, estos organismos pueden multiplicarse rápidamente formando lo que se suele llamar florecimiento (o "bloom", la palabra inglesa más usada), o también mareas rojas. En esta situación, el agua se vuelve de color verdoso, pero rápidamente (1-2 días, dependiendo de la temperatura) se vuelve amarronada, cuando el plancton agota los nutrientes y comienza a morir. A esa altura, la descomposición más o menos rápida de los organismos muertos puede llevar al agotamiento del oxígeno en el agua y, como consecuencia, a la muerte masiva de peces y otros organismos (Tapia & Naranjo, 2008).

Sedimentos

Los sedimentos presentan características diversas, según la zona en que se hayan depositado, de manera que unos representan la acumulación en el canal, otros, la que tuvo lugar en sus márgenes, las diversas formas de depósitos son islas, barras, terrazas, abanicos fluviales, deltas o entre otras propiedades se considerarán a continuación el tamaño, la forma, la distribución granulométrica, densidad, peso específico, concentración (Castillo, 2012). Se da el nombre genérico de sedimentos a las partículas procedentes de las rocas o suelos y que son acarreadas por las aguas que escurren. Todos estos materiales, después de cierto acarreo finalmente son depositados a lo largo de los propios cauces, en lagos, en presas de almacenamiento, en la planicie y hasta el mar (Flores & Álvarez, 2002).

Contaminación de sedimentos por metales pesados

Dentro de los estudios de contaminación por metales pesados en sistemas acuáticos, los sedimentos constituyen un material fundamental para conocer el nivel de contaminación de una determinada zona. Actúan como sumideros de contaminantes, cuando las condiciones ambientales cambian se convierten en fuente importante de metales que pueden ser incorporados por la biota (Ramon, 2002). El efecto puede resultar aún más significativo para los organismos bentónicos que viven en asociación con los sedimentos superficiales contaminados. En muchos casos, los metales se acumulan también en los niveles más altos de la cadena trófica, incluyendo a peces y el hombre (Romero, 2000). Muestras de sedimentos tomadas en puntos muy próximos, pueden presentar contenidos en metales muy diferentes, siendo la textura del sedimento la principal (Mayorquin, 2011).

Contaminación por metales pesados

Hay que seguir el proceso natural, es decir donde están distribuidos y donde están concentrados. Estrictamente, y desde el punto de vista químico, los metales pesados están constituidos por elementos de transición y post-transición incluyendo algunos metaloides como el arsénico y selenio, una forma opcional de nombrar a este grupo es como "elementos tóxicos", los cuales, de acuerdo a la lista de contaminantes prioritarios de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), incluyen a elementos: Arsénico, cromo, cobalto, níquel, cobre, zinc, plata, cadmio, mercurio, titanio, selenio y plomo (Revilla, 2009). Entre los metales pesados más peligrosos para la vida acuática se encuentran el Pb, Cu, Zn y Cd, ya que son muy tóxicos aún en concentraciones relativamente bajas, no son biodegradables y por el contrario se acumulan a lo largo de la cadena trófica (Fergusson, 1992).

Ciclos biogeoquímicos de los metales pesados

En el medio ambiente de la superficie terrestre, que está constituida de una mezcla de rocas, tierra, agua, aire y organismos vivos, los metales y metaloides sufren procesos dinámicos biogeoquímicos, estos procesos afectan a la forma atómica del metal y, por tanto, a su solubilidad, movilidad, biodisponibilidad y toxicidad (Eeckhout, 2006). Los metales tienen tres vías principales de entrada en el medio acuático (Figura 1):

a) La Vía Atmosférica, se produce debido a la sedimentación de partículas emitidas a la atmosfera por procesos naturales o antropogénicas (principalmente combustión de combustibles fósiles y procesos de fundición de metales).

b) La Vía terrestre, producto de filtraciones de vertidos, de la escorrentía superficial de terrenos contaminados (minas, utilización de lodos como abono, lixiviación de residuos sólidos, precipitación atmosférica, etc.) y otras causas naturales.

c) La Vía Directa, de entrada de metales es a consecuencia de los vertidos directos de agua residuales industriales y urbanas a los cauces fluviales (Hermógenes, 2001).

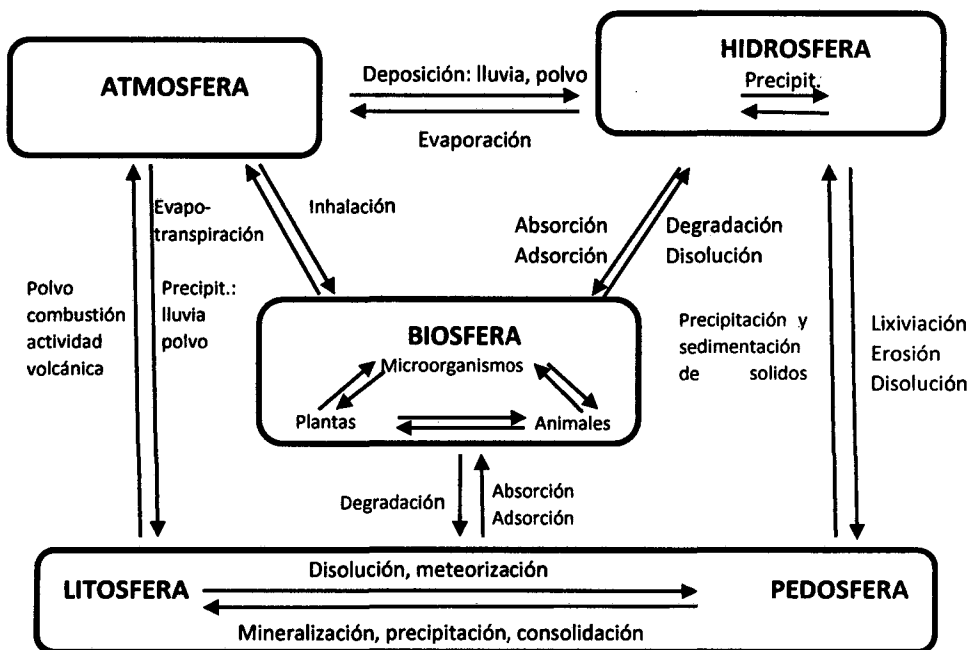


Figura 1. Ciclo biogeoquímico general de los metales pesados (Hermógenes, 2001).

Metales pesados

Los metales pesados son componentes naturales de la corteza de la tierra que son cinco veces más pesados en densidad que el agua. Estos metales pesados son encontrados en varias formas no pueden ser destruidos o degradados. De los 35 metales que son expuestos comúnmente, varias agencias han definido 20-25 de estos metales pesados, como tóxicos (Clevers & Kooistra, 2003). Un ejemplo para medir el efecto de los metales en el agua es la bioacumulación en los peces y se presume que al igual que ocurre en los peces se pudiera bioacumular en los humanos (Deza, 1996).

El contenido en elementos metálicos de un suelo libre de interferencias humanas, depende en primer grado de la composición de la roca madre originaria y de los procesos erosivos sufridos por los materiales que conforman el mismo, la acción de los factores medioambientales sobre las rocas y los suelos derivados de ellas son los determinantes de las diferentes concentraciones basales (aguas, sedimentos y biota), Chambi et al.

(2012). En el cuadro uno, se recogen algunas concentraciones de metales pesados en rocas graníticas, esquistos, arcilla, areniscas y carbonatos; es de destacar las diferencias de concentraciones que se aprecian entre los distintos materiales, sobre todo entre arcilla y carbonatos, (Hermogenes , 2001).

Cuadro 1. Concentración de metales pesados en varios tipos de rocas ($\mu\text{g/g}$).

Elementos	Rocas graníticas	Esquistos	Arcillas	Areniscas	Carbonatos
Antimonio	0.2	1.5	1	0.20*	0.2
Arsénico	1.9	13	13	9.70*	8.10*
Cadmio	0.13	0.3	0.42	0.02	0.035
Cobre	30	45	250	15	4
Cromo	22	90	90	35	11
Mercurio	0.08	0.4	0.02*	0.03	0.04
Níquel	15	68	225	2	20
Plomo	15	20	80	7	9
Zinc	60	95	165	16	20

Fuente: (Wedepohl & Turekian, 1961); * (Adriano, 1986).

Una alta concentración de los metales en sedimentos puede resultar en ciertos casos de su material geológico sin que haya sufrido una contaminación puntual (Wedepohl & Turekian, 1961).

Mercurio (Hg)

El Hg es un metal que ocurre en forma natural en el ambiente y que tiene varias formas químicas: es un líquido inodoro, de color blanco-plateado brillante. Al calentarlo se transforma en un gas inodoro e incoloro, una vez que el mercurio elemental se libera en el medio ambiente, no se puede limpiar, se persiste durante décadas, incluso siglos (Lynne, 2009). Se combina con otros elementos, por ejemplo cloro, azufre u oxígeno para formar compuestos de Hg inorgánicos o "sales," las que son generalmente polvos o cristales blancos; también se combina con carbono para formar compuestos de Hg orgánicos. El más común, metilmercurio, es producido principalmente por organismos microscópicos en el suelo y en el agua. Mientras mayor es la cantidad de Hg en el medio ambiente, mayor es la cantidad de metilmercurio que estos organismos producen (WHO., 1990)

El Hg es un elemento tóxico ubicuo en concentraciones traza en el ambiente. Su forma química, movilización y su redistribución son influenciadas por procesos bióticos y abióticos (García & Domonson, 2005). El Hg es emitido a la atmósfera de numerosas fuentes naturales y antropogénicas, que puede ser depositado en fuentes emisoras o por transporte

atmosférico seguido por la deposición en ecosistemas lejanos a la fuente emisora, debido a su volatilidad y capacidad para la metilación, Lamborg et al. (1994). La corteza terrestre contiene aproximadamente 50ng/g de Hg, principalmente como sulfuro, el Hg se halla en todo tipo de rocas ígneas generalmente es <200 ng/g, con una concentración media inferior a 100 ng/g. Muchas rocas sedimentarias tienen contenidos de Hg por debajo de 200 ng/g, excepto para esquistos que son mucho más elevados, los esquistos con altos porcentajes en materia orgánica están particularmente más enriquecidos por el Hg (Hermogenes , 2001). Los valores de Hg en distintos materiales del medio ambiente se presentan en el siguiente cuadro 2.

Cuadro 2. Concentraciones de Hg en varias matrices medioambientales (ng/g).

Material	Concentración Media	Rango
Rocas ígneas	-	5.0 - 250.0
Calizas	40	40.0 - 220.0
Areniscas	55	<10.0 - 300.0
Esquistos	-	5.0 - 3250
Petróleo	-	20.0 - 2000
Carbón	-	10.0 - 8530
Rocas fosfatadas	120	-
Suelos	70	20.0 - 150.0
Suelos cerca de depósitos de Hg	-	<250.0 ng/g
Agua dulce (ng/l)	0.03	0.01 - 0.10
Agua marina (ng/l)	0.1	0.005 - 5.0

Fuente: (Adriano, 1986).

Los sedimentos son el principal sumidero de Hg en los sistemas acuáticos, principalmente debido a su asociación con la materia orgánica (MO) y minerales de óxidos superficiales. El metilmercurio (MeHg) es la forma más tóxica del Hg, la cual es fácilmente bioacumulada y biomagnificada en las cadenas alimenticias. El MeHg en ambientes acuáticos se forma principalmente por biometilación del Hg depositado en los sedimentos. Dado que más del 90% del Hg está presente como MeHg en la biota acuática (organismos bentónicos y peces). Por esta razón, la evaluación de los niveles de Hg representa un factor importante no solo desde el punto de vista toxicológico, sino también para la evaluación de los impactos potenciales sobre la salud pública, Scheumamer et al. (2007). Algunos de los iones de mercurio cargados positivamente como el metilmercurio así como iones de fenilmercurio, son fijados por suelos cargados negativamente, partículas de sedimento y por materia húmica y, en consecuencia, llegar hacer inmovilizados. Esto explica cómo las concentraciones son mayores en el mantillo que en subsuelo; los iones que no son fijados

son diseminados con el movimiento del agua. Algunos iones de metilmercurio se convierten en dimetilmercurio volátil, el cual escapa rápidamente de la atmósfera, suelo y agua (Huerta, 2010).

Ciclo del mercurio

Cabe mencionar el ciclo del Hg dado a nivel de todas las actividades antrópicas especialmente en aplicación de Hg en la minería, la contaminación se da en forma de vapor, es muy estable en la atmosfera en aire seco, sin embargo en presencia de agua, ozono o radiación UV se oxida a Hg^{+2} , el mercurio vapor puede viajar hasta centenares de kilómetros y volver a la superficie terrestre mediante las precipitaciones. En áreas auríferas, el mercurio desechado o depositado y acumulado directamente en los suelos y sedimentos puede contaminar aproximadamente 50 km alrededor del área de emisión (Maurice, 2001). Bajo condiciones favorables, puede ser metilado en los sedimentos y/o por o por plantas (Restrepo & Johnson, 2002), incorporándose en la cadena trófica acuática y biomagnificandose hasta contaminar los peces (figura 2).

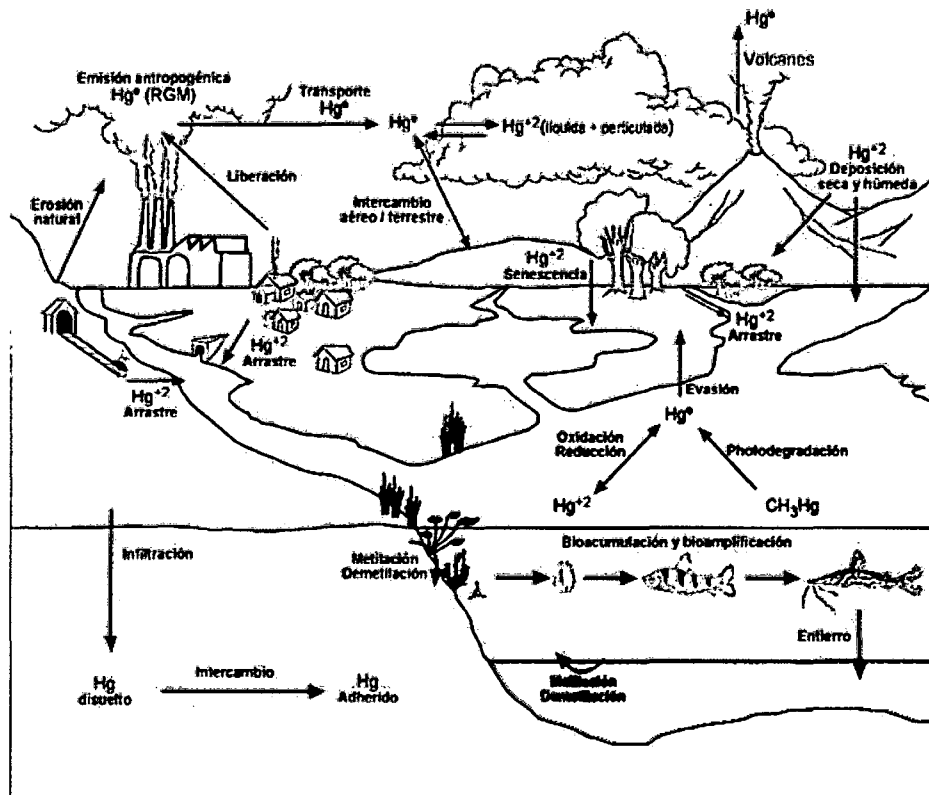


Figura 2. Ciclo biogeoquímico del mercurio en áreas auríferas de la amazonia, Harris et al. (2007).

Plomo (Pb)

El plomo es un metal pesado de color azulado, flexible, elástico y se funde con gran facilidad, es resistente a la presencia de los ácidos y a la corrosión atmosférica. El plomo rara vez se encuentra en su estado natural ya que es un elemento utilizado en diferentes materiales o equipos de trabajo. Es muy común encontrarlo en forma de sulfuros² (es decir, en combinación con azufre) (Ubillus, 2003). Principalmente el plomo se obtiene a partir de la galena donde se encuentra en forma de sulfuro de plomo. El punto de fusión es a 327 C° y el punto de ebullición a 1.525 C°. A partir de 500 C° la emisión de vapores de plomo es ya importante y por tanto lo es su toxicidad. Actualmente la toxicidad del plomo no solo se extiende a los ambientes laborales en que se utiliza este metal, sino que llega también a ser un elemento importante de la contaminación ambiental. El plomo eliminado por actividades antrópicas así como de la minería por la utilización de equipos metálicos e hidrocarburos son derivados directa e indirectamente al medio ambiente, los compuestos orgánicos de plomo pueden bioacumularse en plantas y animales.

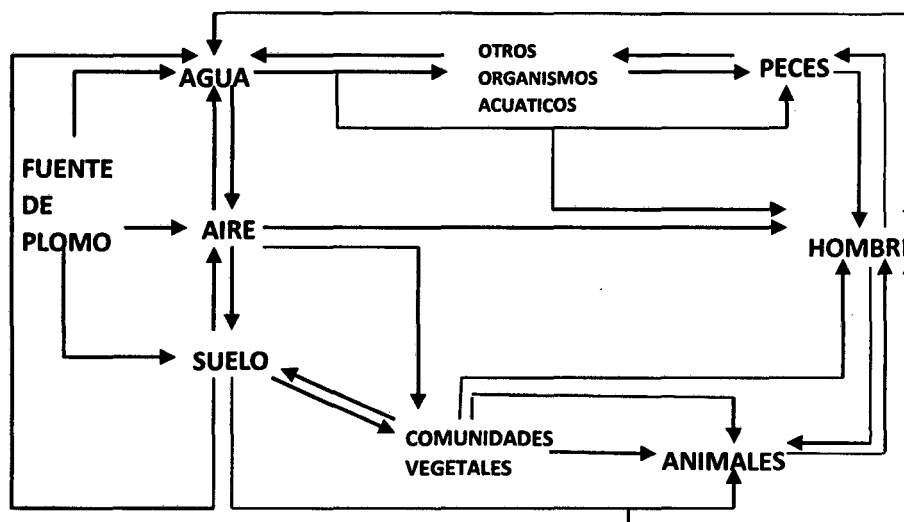


Figura 3. Ciclo biogeoquímico del Plomo (Pb) (Badillo, 2001).

El plomo se bioacumula en los organismos, en particular, en la biota que se alimenta principalmente de partículas, pero la biomagnificación de plomo inorgánico en la cadena alimentaria acuática no es aparente, pues los niveles de plomo, así como los factores de bioacumulación, disminuyen en el nivel trófico. Esto se explica en parte por el hecho de que en los vertebrados, el plomo se almacena principalmente en el hueso, que reduce el

² Se denomina sulfuros a todos los compuestos que contienen azufre en su composición.

riesgo de transmisión de conducir a otros organismos en la cadena alimentaria, Rodriguez et al. (1995). La distribución de plomo en los animales está estrechamente relacionada con el metabolismo del calcio.

Cadmio (Cd)

El cadmio como fuente industrial en el galvanizado de aceros, componente de las baterías, pigmento en los plásticos y otros, han sido de utilidad en los equipos para trabajos de la minería. "Históricamente, todos los episodios ambientales importantes causados por el Cadmio han sido resultado de la contaminación proveniente de la minería y refinado de materiales no ferrosos", Osorio et al. (1996). Es un metal que se encuentra en la corteza terrestre, asociado con minerales de zinc, plomo y cobre. El cadmio es liberado al suelo, al agua y al aire durante la extracción y refinación de metales no ferrosos, la manufactura y aplicación de abonos de fosfato, la combustión de combustibles fósiles, y la disposición e incineración de basura. El cadmio puede acumularse en organismos acuáticos y en cosechas agrícolas (ATSDR, 2012). El cadmio se encuentra en:

El aire, el cadmio (como óxido, cloruro o sulfato) se encuentra en el aire en forma de partículas o vapores (proveniente de procesos de alta temperatura). Puede ser transportado largas distancias en la atmósfera para ser depositado (húmedo o seco) sobre la superficie del suelo o del agua, Osorio et al. (1996).

El suelo, el cadmio y sus compuestos pueden moverse a través del suelo, pero su movilidad depende de varios factores tales como el pH y la cantidad de materia orgánica, los que varían según el ambiente local. Generalmente, el cadmio se adhiere fuertemente a la materia orgánica en la cual permanece inmóvil en el suelo y puede ser incorporado por plantas, Osorio et al. (1996).

El agua, el cadmio existe en forma de ión hidratado o como complejo iónico asociado a otras sustancias inorgánicas u orgánicas. Las formas de cadmio solubles se movilizan en el agua. Las formas insolubles son inmóviles y se depositarán en el sedimento donde serán adsorbidas, Osorio et al. (1996).

Cobre (Cu)

El cobre es un metal rojizo que ocurre naturalmente en las rocas, el agua, los sedimentos, en todas las plantas y animales, su concentración promedio en la corteza terrestre es aproximadamente 50 partes de cobre por millón de partes de suelo (ppm) o, expresado de otra manera, 50 gramos de cobre por 1, 000,000 de gramos de suelo. En bajas concentraciones es un elemento esencial para todos los organismos, incluyendo a los

seres humanos y otros animales; a niveles mucho más altos pueden ocurrir efectos tóxicos (ATSDR, 2012).

Cuando el cobre se libera al suelo, puede adherirse fuertemente a la materia orgánica y a otros componentes (por ejemplo, arcilla, arena, etc.); cuando se libera al agua se disuelve y puede ser transportado en el agua superficial ya sea en la forma de compuestos de cobre o cobre libre con más probabilidad, como cobre unido a partículas suspendidas en el agua (Fernandez & Walter, 2011).

Arsénico (As)

El As es emitido en estado gaseoso a la atmósfera en cantidades significativas desde plantas generadoras de energía por quemado de carbón, debido a bajo punto de ebullición que presenta el As y sus derivados (Puente & Paulina, 2009). Para describir el papel del As propusieron un ciclo biogeoquímico global que se observa en la Fig. 04.

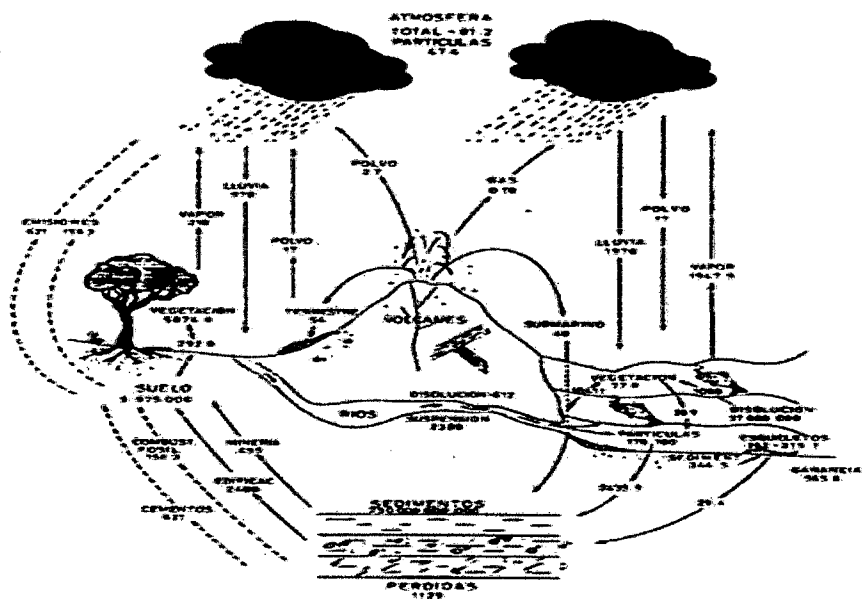


Figura 5. Ciclo biogeoquímico del As (Martínez, 2005).

Diversos microorganismos como hongos, bacterias y levaduras, transforman a derivado de metilados de arsina, trimetilarsina, que pueden emitirse a la atmósfera, lo cual “los gramos de arsénico se pierden anualmente en la atmósfera desde la superficie a estos procesos” (Martínez, 2005).

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales, Equipos y herramientas

Los principales materiales, reactivos, equipos herramientas e instrumentos de software utilizados en las etapas de estudio (pre-campo, campo y gabinete) (cuadro 3).

Cuadro 3. Lista de materiales, reactivos, equipos, herramientas y programas utilizados.

MATERIALES	Fichas de registro de campo
	Libreta de campo
	Etiquetas para la identificación de frascos
	Cadena de custodia
	Balde plástico transparente
	Bolsas ziploc para guardar los envases de preservantes
	Cinta adhesiva
	Plumón indeleble
	Papel secante preservantes
	Guantes descartables
	Frascos de polietileno
	Envases Herméticos
	Refrigerantes
	Pizeta
	Jeringa
REACTIVOS	Formol
	Ácido Nítrico (NHO ₃)
	Alcohol 90°
	Agua Destilada
EQUIPOS	GPS
	Cámara fotográfica
	Sonda multiparámetro YSI 556 (Parámetros Físico-químicos de agua)
	Muestreador de Surber
	Red tipo Bongo
	Cronometro
	Laptop
HERRAMIENTAS	Machete
	Wincha
	Brazo telescópico muestreador para sedimento
	Botella de Niskin para muestreo en agua
PROGRAMA Y SOFTWARE	ArcGis 10.1
	IBM SPSS Statistics 21.0
	MapSource
	AutoCAD
	Microsoft office 2010 (Word)
	Microsoft office 2010 (Excel)

Fuente: Elaboración propia, 2014.

2.1.1. Localización Geográfica

El estudio se llevó a cabo en el área de influencia de la actividad minera aurífera, ubicado en la comunidad nativa de Tres Islas en el sector de 28 de Julio, perteneciente al distrito de Tambopata, situado en el tramo Puerto Maldonado – Puente Inambari margen derecha, llegando al poblado de Tres Islas río abajo de Madre de Dios (figura 5).

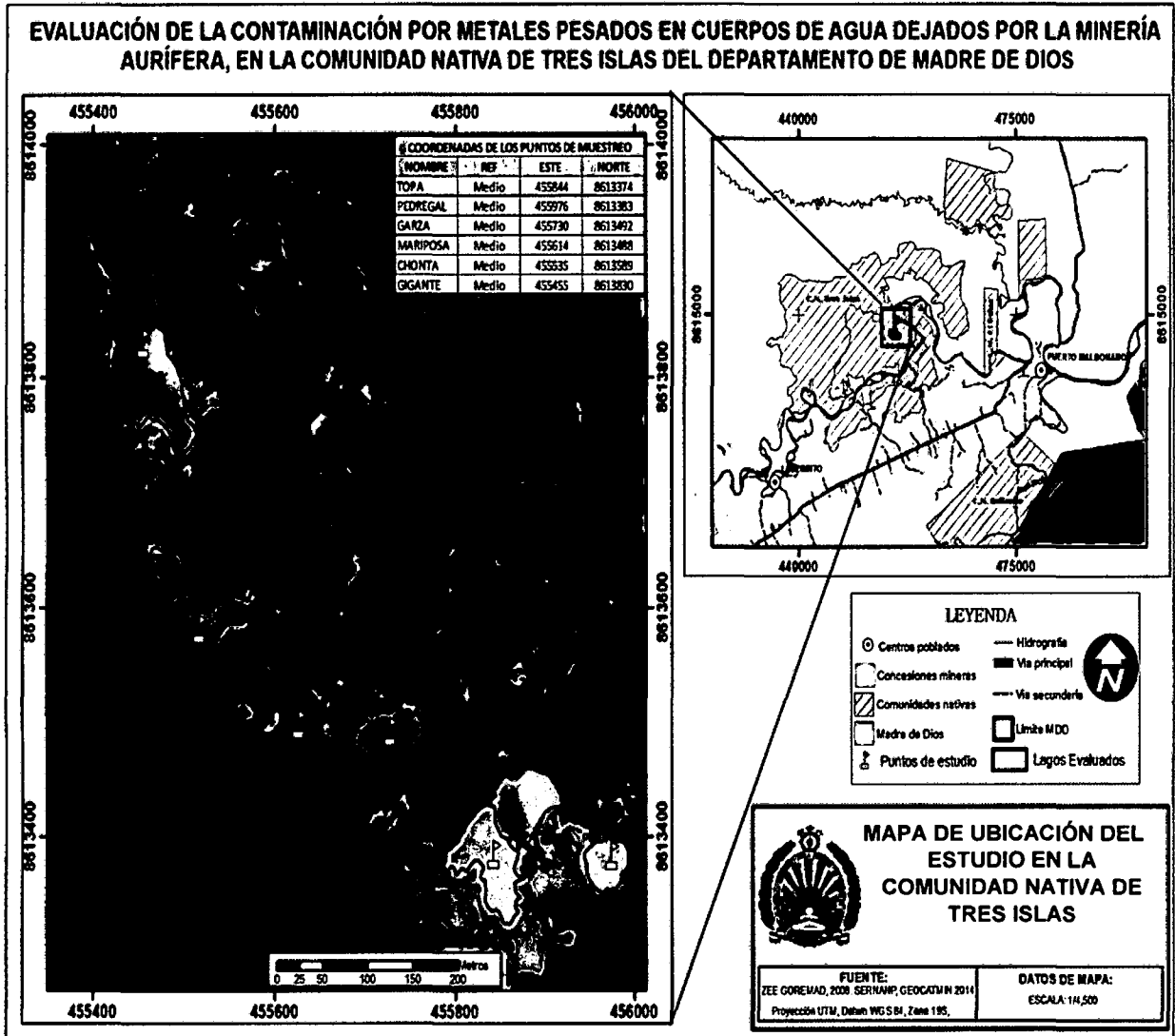


Figura 5. Ubicación del área de estudio (elaboración propia, 2015).

2.1.2. Descripción del área de estudio

La Comunidad Nativa Tres Islas se encuentra dentro de la familia lingüística Pano y Tacana, ya que dentro de esta comunidad se encuentra dos grupos étnicos diferenciados: Los Shipibos-Conibos provenientes de la región amazónica de Ucayali, traídos durante la época de la extracción de la Shiringa y el Caucho. El territorio presenta un relieve llano en su mayoría (figura 6), propios de bosques de selva baja, con algunos relieves sobresalientes conocidos como alturas o filos, presenta bosques prístinos de altura con abundancia de árboles entre ellos la Castaña, árbol emblemático de la región de donde ellos extraen la nuez que es comercializada en los mercados locales y nacionales.

La comunidad nativa de Tres Islas se encuentra constituida por familias y una población

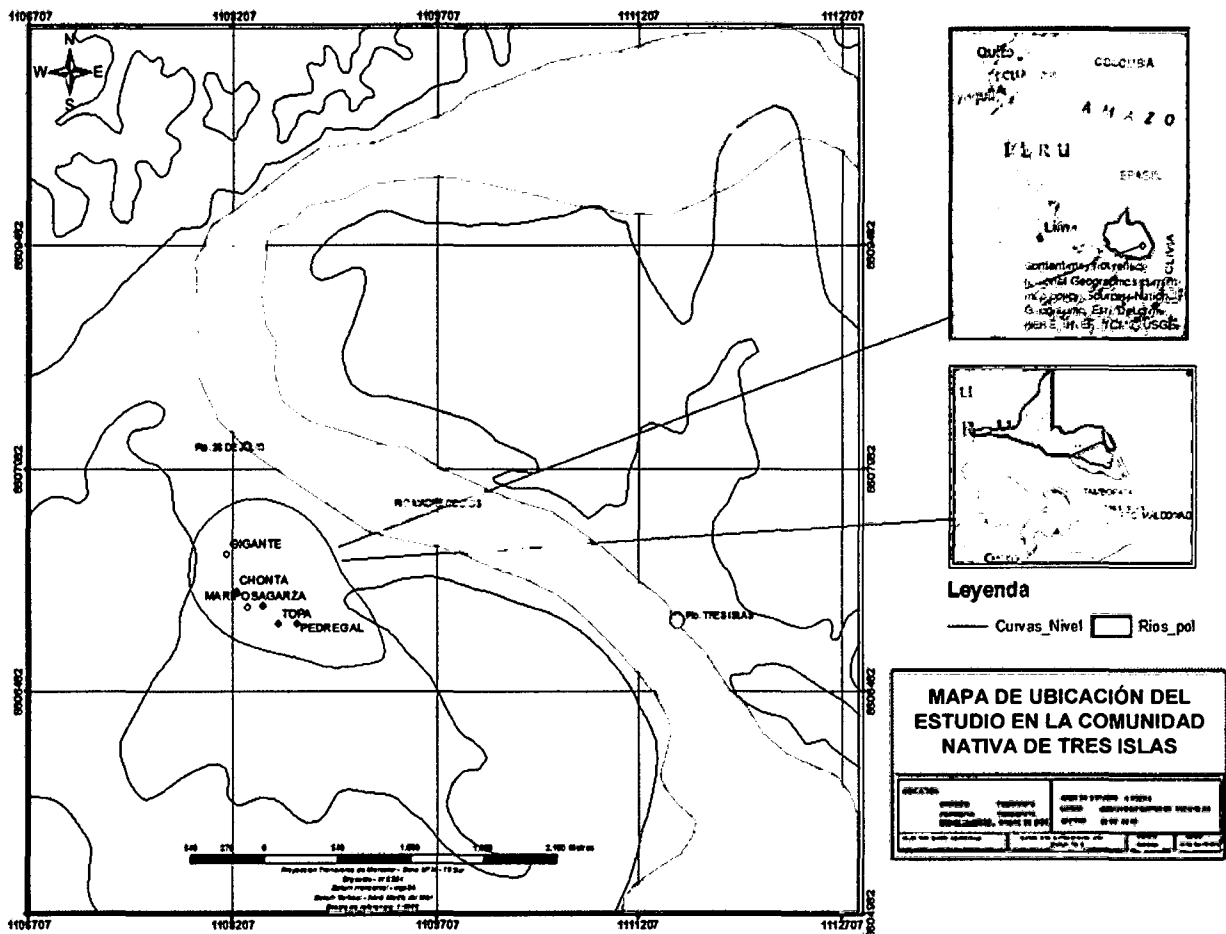


Figura 6. Mapa de altitud del área de estudio (elaboración propia, 2015).

actual de habitantes, titulada el 24 de Junio del año 1994, con un territorio que comprende aproximadamente 31 700 Has. Aunque la comunidad tiene una vía de acceso en regular estado y debido a su cercanía con la ciudad de Puerto Maldonado, una parte de su población ha sido mezclada con gente colona proveniente principalmente de las regiones

andinas como Cusco y Puno. La comunidad actualmente se encuentra en un proceso de revaloración cultural, con relativa amenaza de la actividad minera. Buen estado de conservación de las costumbres y del lenguaje Shipibo, Mosquera et al. (2008). Para ello el lugar de estudio se llevó a cabo en el marco del distrito de Tambopata en la Comunidad nativa de Tres Islas (Fig. 5 y 6).

- **Clima**

El clima corresponde al de bosque subtropical húmedo o muy húmedo con una temperatura media anual de 26°C, fluctuando entre los 10°C y los 38°C (INEI, 2008). Las temperaturas bajas están asociadas al ingreso de masas de aire frío provenientes de la Antártida, dando lugar al fenómeno conocido localmente como "friaje" o "surazo"; éste se caracteriza por el descenso de la temperatura, cielos cubiertos y lluvias persistentes. El friaje tiene una duración de dos a tres días aunque, ocasionalmente, es más prolongado, sobre todo en los meses de junio y julio, cuando ocurre con mayor frecuencia. Las temperaturas máximas llegan a los 38°C y se presentan regularmente en los meses de setiembre a octubre. La precipitación anual oscila entre 1 600 a 2 400 mm. Citado por (INRENA, 2003), marcando dos épocas por la frecuencia y cantidad de precipitación: una época seca entre abril y diciembre y una época de lluvias en los meses de enero a marzo, aunque los límites temporales son variables, (INRENA, 2003).

De acuerdo con la clasificación KOPPEN, el clima en la zona de la comunidad nativa de Tres Islas y aledaños es del tipo de AM, es decir, tropical cálido, húmedo por temporada, que se caracteriza por presentar abundantes precipitaciones y una breve estación seca, que no tiene influencia significativa en el desarrollo de la vegetación debido a la abundancia de precipitaciones durante el resto del año (AIDER, 2010).

- **Precipitación**

La precipitación que se presenta en la comunidad nativa de Tres Islas ubicado en el distrito de Tambopata, se estima una precipitación media anual de 400 a 1.200 mm. Un hecho que se explica por la elevada precipitación orográfica, presentados entre octubre a abril y los mínimos usualmente entre julio a setiembre, Goulding et al. (2010).

- **Tipo de Bosque**

La vegetación que predomina y abarca la mayor superficie en Madre de Dios corresponde a la clasificación de bosque húmedo tropical, (Makowski, 2009); que cubre casi la totalidad de las provincias de Tambopata y Manu, la vegetación que corresponde a bosques de

terrazas aluviales, cuyas características varían conforme al nivel de la terraza (Miloslavich, 2011).

2.2. Metodología

La investigación se desarrolla mediante un estudio descriptivo por cuanto se obtienen datos primarios y no se lleva a cabo ninguna modificación en las variables de estudio. La investigación es de campo por cuanto los datos son generados a partir de la medición de parámetros y toma de muestras de agua, sedimento y bioindicadores comprendiendo de corte transversal y relacional. Se realizó la comparación de metales pesados de cuerpos de agua dejados por la actividad minera aurífera con los estándares nacionales y la agencia para la protección ambiental internacional, aplicados para determinar los límites permisibles en calidad de agua y sedimento.

2.2.1. Metodología de Muestreo

La metodología de muestreo seguida fue de acuerdo a los lineamientos de Manual de Protocolos Armonizados y Evaluados para la toma de Muestra y el Análisis de Agua y Sedimento para la Región de América latina y el Caribe y del Protocolo de Monitoreo de Aguas de la DIGESA, el mismo que indica los factores a seguir a fin de asegurar, que las muestras sean representativas, así mismo para determinar muestras de bioindicadores se siguió manual de los métodos de colecta, identificación de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (Macro invertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Museo de Historia natural Departamento de Limnología e Ictiología

2.2.1.1. Consideraciones estadísticas para número de muestras.

Se tomó en cuenta para calcular el número apropiado de muestras. El más simple depende de un aceptable nivel de incertidumbre (U), de la desviación estándar relativa del sistema (s) y de la desviante de la distribución de Student (t), que a su vez depende del número de muestras (N) y de la confiabilidad requerida en la medida (p), Alberro *et al.* (2011).

Nota: Se observa que el cálculo de N es implícito porque depende de t-Student que a su vez depende de N.

$$N \geq \left(\frac{t_{(N,P)} \cdot S}{U} \right)^2$$

El valor de "s" puede estar referido a diferentes consideraciones de la variabilidad, por ejemplo la variabilidad espacial, temporal o del método de medida.

Se hizo el cálculo usando la variabilidad espacial: $U=5\%$, $s=5\%$, $p=0.95$

$N \geq 5$

Calculando a un nivel de confianza al 95% con un error de 5% resultó mayor o igual a 5 muestras y la toma de muestras para cada una de ellas obteniéndose una confiabilidad final del 0.90 (0.95×0.95) dentro de una incertidumbre del 5%. Por lo tanto, el número de muestra se obtuvo con una confiabilidad al 95%, de acuerdo a la incertidumbre en la fórmula, a su vez fue determinado siguiendo las consideraciones de Alberro *et al.* (2011), (Fry, 1993) y (Scheiner & Gurevitch, 2001). Para cumplir con el número de muestras de estudio fue de 6 muestras a conveniencia considerando factores logísticos y de accesibilidad de muestras adecuados, que permita realizar el análisis estadística paramétrica.

2.2.1.2. Determinación del número de muestras

Para cada muestra obtenida de agua y sedimento, se planteó con 3 repeticiones para su investigación en una sola poza, por tanto se consideró 3 muestras de agua y de 3 muestras de sedimento para cada punto seleccionada al azar, ver cuadro 4. Así mismo se planteó 2 repeticiones para bioindicadores, una muestra de Bentos y una muestra de Plancton para cada punto o poza de muestreo, ver cuadro 5. Según se estableció los puntos para la toma de muestras en la poza se procedió a detallar en el campo.

Cuadro 4. Puntos de muestreo o pozas de estudio para metales pesados en agua y sedimento.

Puntos de muestreo	N° de muestras	Total	Final de Estiaje
1	6	36	1
2	6		
3	6		
4	6		
5	6		
6	6		

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Cuadro 5. Puntos de muestreo o pozas de estudio para determinar los Bioindicadores, para muestras de Bentos y Plancton.

Puntos de muestreo	N° de muestras	Total
1	2	12
2	2	
3	2	
4	2	
5	2	
6	2	

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Las muestras que se ha obtenido para metales pesados en agua y sedimento, se siguió el formato de cadena de custodia, que se detalla en el anexo 1, con los mismos puntos en cada poza de estudio durante el muestreo.

2.2.1.3. Ubicación de los Puntos de Muestreo

Las ubicaciones de los puntos o pozas de muestreo fueron evaluadas en gabinete y posteriormente definidas en campo. En cada punto seleccionado se evaluó in situ parámetros físicos del agua y se colectaron muestras de agua, sedimento y bioindicadores.

Para definir los puntos de muestreo se tuvo en cuenta la caracterización general del impacto de la actividad minera aurífera aplicada en la comunidad nativa de Tres Islas en el sector de 28 de Julio, se tuvo en cuenta el área de influencia, remarcando prioritariamente que las fuentes de agua sirven como bebida de animales y como contacto directo con el hombre.

La ubicación de los puntos de muestreo cumple con los siguientes criterios:

Identificación: Los puntos de muestreo fueron identificados y reconocidos claramente mediante el sistema de posicionamiento satelital (GPS).

Accesibilidad: El acceso a los puntos de muestreo es por vía terrestre y fluvial a través de la carretera de PEM – Puente Inambari margen derecha hasta el Puerto de Tres Islas, seguido por la vía fluvial río abajo embarcando en el Puerto 28 de Julio siguiendo por la trocha a pie que lleva hasta los puntos o pozas de muestreo.

Representatividad: Con la finalidad de que las muestras sean representativas, se han elegidos puntos de muestreos donde los cuerpos de agua presente en la zona de influencia

por la actividad minera aurífera, tenga algún uso que son el objeto de evaluación y que las muestras obtenidas tenga medidas exactas.

2.2.1.4. Selección de parámetros de muestreo

Los parámetros de análisis se seleccionaron en función a las actividades antropogénicas, fuentes contaminantes y teniendo en cuenta el Reglamento de la Ley de Recursos hídricos; referido a la calidad de los cuerpos de agua en general ya sea terrestre o marítima del país, clasificándolos de acuerdo a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM de acuerdo a su uso como categoría 4: Conservación del ambiente acuático para ríos de la selva. Para los efectos de Protección de las aguas, correspondientes a los diferentes usos rigen límites bacteriológicos, y de sustancias peligrosas. Los parámetros de muestreo seleccionados se muestran en el Anexo 1.

2.2.1.5. Recipientes utilizados para muestreo

- Para análisis de metales pesados de agua y sedimento
 - Frascos de herméticos de ½ L para agua
 - Bolsa Ziploc para sedimento
- Para análisis de Bioindicadores del agua
 - Frascos herméticos de 200 ml para muestras de plancton y bentos.

2.2.1.6. Etiquetado

El etiquetado o rotulado de envase se hizo antes de ir al campo para el muestreo, utilizando plumón indeleble, con la finalidad de que no se borre. La información básica registrada en el etiquetado tanto para muestras de agua, sedimento y bioindicadores es principalmente: Nombre de la muestra codificado, punto de muestreo, hora de muestreo, fecha, nombre del muestreador.

2.2.1.7. Forma de recolectar las muestras

a) Determinación de Muestreo de Parámetros Físicos del Agua.

Se evaluó in situ parámetros Físico-químicos del agua: pH, OD, Conductividad, T° y STD; con la finalidad de determinar la contaminación por metales pesados en cuerpos de agua. De las pozas de estudio dejadas por la actividad minera aurífera en la comunidad nativa Tres Islas, antes de tomar las muestras para su uso adecuado y eficaz de los equipos de campo y herramientas de muestreo se sondeó la profundidad de las pozas, (figura 7).

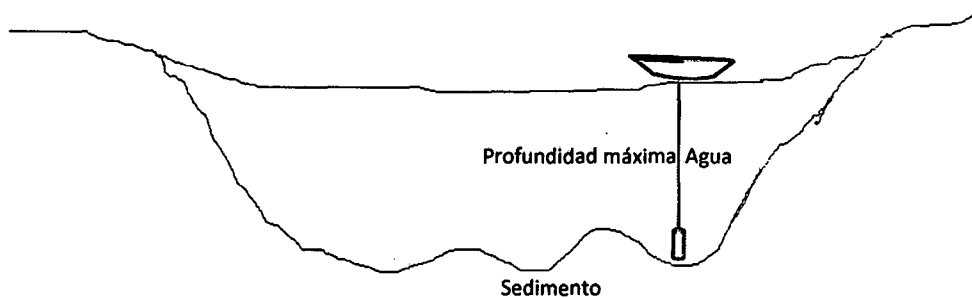


Figura 7. Esquema de la poza para medir profundidad y su posterior muestreo (Elaboración propia, 2014).

b) Determinación de muestreo de metales en agua y sedimento

Para cada poza se tomó 3 muestras de agua y 3 muestras de sedimento con el mismo procedimiento del diseño esquematizado para una poza de estudio, (figura 8), para cada muestra se determinaron los parámetros detallados en la metodología con una repetición de 3 veces, al mismo tiempo se tomó las coordenadas según el esquema muestreado.

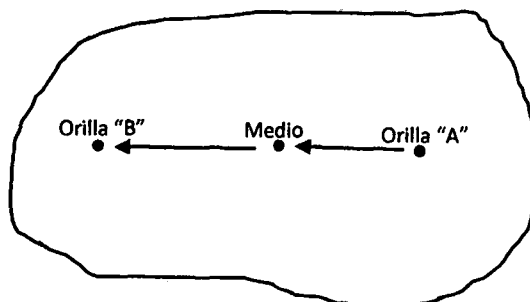


Figura 8. Esquema para el muestreo para Agua y Sedimento (Elaboración propia, 2014).

Antes de tomar las muestras, los puntos de muestreo y aforo se establecieron en el área de estudio detectado aleatoriamente con puntos de georreferenciación a partir del sistema de información geográfica.

b.1) Procedimiento para la obtención de muestras de agua

Para muestras de metales en agua se usó el equipo muestreador tipo botella de Niskin (anexo 2), fabricado en hechizo metálico con modificaciones, al interior con envase hermético de ½ L para las muestras. Se sumerge el muestreador en la poza a la profundidad máxima, llegando al tope con el suelo al interior de la poza.

b.2) Procedimiento para la obtención de muestras de sedimento

La obtención de muestras de sedimento se siguió el mismo procedimiento para obtención en agua, se utilizó el equipo muestreador de tipo tubo Core Samplers (anexo 2), fabricado en hechizo metálico en un extremo con envase metálico para contenido de sedimento y el otro extremo para jalar la soguilla que permite cerrar la abertura del envase, el contenido tiene una capacidad de almacenar hasta 1 Kg de sedimento, obtenido las muestras se usa el contenedor hermético para preservar las muestras.

c) Determinación de muestreo para Bioindicadores

La obtención de muestras para determinar los bioindicadores de Plancton, se usó el equipo muestreador de tipo Hess (fig. 10), la toma de muestras se hizo con malla micrada de 300 μm con envase de 200 ml. Se tomó una sola muestra de cada poza con cinco replicas a distancias asimétricas al azar (fig. 9) (Zaixo, 2002). Obtenido las muestras se usa como preservante al formol para su posterior análisis en el laboratorio.

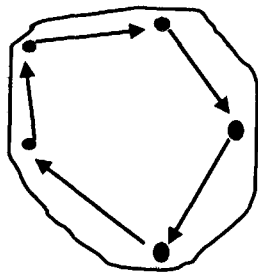


Figura 9. Esquema para la toma de muestra de Plancton (Elaboración propia, 2015).

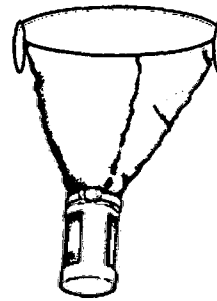


Figura 10. Muestreador tipo Hess para Plancton (Elaboración propia, 2015).

La toma de muestras de Bentos consistió en tomar una sola muestra con tres replicas (fig. 11) en poza de estudio utilizando el muestreador Surber (fig. 12) aparte de tomar muestra, con el marco del muestreador se ubica en el fondo del curso de agua y sirve para delimitar el área de muestreo, el muestreador posee malla micrada con envase de 400ml. Obtenido las muestras se aplica el reactivo formol como preservante para su posterior envío de muestra al laboratorio.

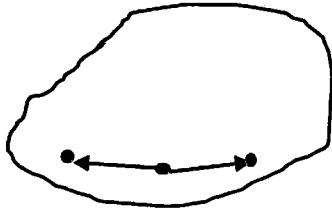


Figura 11. Esquema para la toma de muestra de bentos (elaboración propia, 2015).

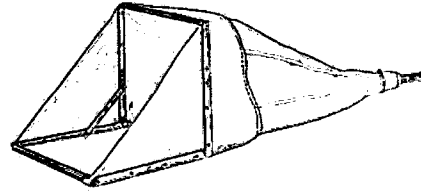


Figura 12. Muestreador de Surber para la toma de muestra de Bentos (Elaboración propia, 2015).

2.2.1.8. Preservación, consideración y traslado de las muestras al laboratorio de análisis.

La etapa de recolección de muestras es de trascendental importancia. Los resultados de los mejores procedimientos analíticos serán inútiles si no se recolecta y manipula adecuadamente las muestras, para esto se siguieron las recomendaciones establecidos por el Ministerio de salud a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), el laboratorio SAG S.A.C. para metales. Para bioindicadores se siguió el manual de los métodos de colecta, identificación de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (Macro invertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Museo de Historia natural Departamento de Limnología e Ictiología

Consideraciones generales

Según el "Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de Recursos Hídricos".

- Los frascos requeridos deben ser de polietileno (preferencia primer uso) o vidrio, los cuales deben estar limpios y secos para evitar contaminación.
- Todo equipo deben estar debidamente calibrados.
- Las muestras requieren almacenamiento a baja temperatura y/o preservación con químicos para mantener su integridad durante el transporte y antes del análisis en el laboratorio.
- Los preservantes químicos más comunes son ácido clorhídrico, nítrico, sulfúrico e hidróxido de sodio. Tener cuidado en su manipulación.
- Las cajas térmicas usadas para el transporte de las muestras deberán ser apropiadas para almacenar las muestras tomadas, materiales de empaque y hielo.
- Llenar los registros de cada muestra recolectada (ficha de muestreo) e identifique cada frasco (etiquetado).

- Utilice procedimientos formales que rastreen la historia de la muestra desde la recolección hasta su llegada al laboratorio de análisis (cadena de custodia).

Preservación de muestras

Para la preservación de muestras de metales, se siguió la guía de instrucciones recomendadas por laboratorio SAG S.A.C. y el Manual de Protocolos Armonizados y Evaluados para la toma de Muestra y el Análisis de Agua y Sedimento para la Región de América latina y el Caribe, según el tipo de análisis requerido. Así mismo se tomó en cuenta para bioindicadores (Plancton y Bentos) el manual de los métodos de colecta, identificación de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (Macro invertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Museo de Historia natural Departamento de Limnología e Ictiología.

- **Para el análisis de bioindicadores:**

- **Plancton:** para las muestras colectadas se aplicó preservante de formol al 1% (0.5 ml/100 ml de muestra), esta se vierte a un frasco de 200 ml, el cual es llenado y se agita la muestra homogenizando, para así evitar el enquistamiento de algunos organismos.
- **Bentos (Macro invertebrados):** la cantidad utilizada del preservante ha sido suficiente para que cubra toda la muestra colectada, se aplicó alcohol a 70% para cada muestra fijada (Chavez & Flores, 2010). Los frascos han sido rotulados, etiquetados con datos de la comunidad nativa de Tres Islas, fecha, colector.

Se tomó en cuenta el criterio del manual de métodos de colecta, para que las muestras (Plancton y Bentos) se han mantenidas a 4C° en lugares sin luz se utilizó mochila en forma de ice pack para refrigeración, que fueron colocados en los frascos de plástico, dentro de la mochila.

- **Para análisis de metales pesados de agua**

Metales pesados: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Plomo (Pb): se tomó 1/2 litro de muestra en frasco plástico y se agregó ácido nítrico (HNO₃) para mantener la propiedad de los metales pesados, posteriormente se mezcló para guardar en refrigeración, así mismo se tomó en cuenta los protocolos aplicados de acuerdo a ANA³ y el Manual de Protocolos Armonizados y Evaluados para la toma de Muestra y el Análisis de Agua y Sedimentos para la Región de América Latina y el Caribe.

³ Autoridad Nacional del Agua

- **Para análisis de metales pesados de sedimento**

Metales pesados: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Plomo (Pb): se tomó 200 gramos de muestra en frasco plástico y se agregó ácido nítrico (HNO₃) para mantener la propiedad de los metales pesados, posteriormente se mezcló para guardar en refrigeración, así mismo se tomó en cuenta el Manual de Protocolos Armonizados y Evaluados para la toma de Muestra y el Análisis de Agua y Sedimentos para la Región de América Latina y el Caribe.

Así mismo para la preservación de las muestras de agua y sedimento se mantuvo a una temperatura (T°) de 4 °C ± 2 °C. Las muestras se almacenaron en un refrigerador para su posterior transporte.

Embalaje y transporte

- **Muestras de agua y sedimento**

Para el embalaje y transporte de las muestras se siguió el Manual de Protocolos Armonizados y Evaluados para la toma de Muestra y el Análisis de Agua y Sedimentos para la Región de América Latina y el Caribe, cuya finalidad es asegurar la calidad de las muestras, para una confiabilidad de los resultados y la prevención de riesgos potenciales de contaminación en el transporte tanto para las personas así como para el medio ambiente, asegurar la integridad del contenido de las muestras recolectadas de acuerdo a las siguientes instrucciones:

1. Asegurar que los contenedores de las muestras estén perfectamente selladas.
2. Colocar dentro de un mismo cooler las muestras recolectadas en envases de vidrio y de plásticos de tal forma que los envases de vidrio estén separados por envases de plásticos y de esa forma evitar roturas de los envases de vidrio. Preparar las divisiones con esponja, cartón, plástico o cualquier otro material amortiguante, si es necesario.
3. Si las muestras recolectadas son todos en envases de vidrio, colocar los envases en el cooler, separando las divisiones con esponja, cartón, plástico o cualquier otro material amortiguante.
4. Colocar ice pack o hielo para mantener la condición fría hasta la llegada al laboratorio.
5. Colocar la Cadena de Custodia en una bolsa de plástico, hermetizar y pegarla dentro del cooler.
6. Llenar espacios libres con material de muestreo de plástico sobrante para no permitir el movimiento de las botellas.

7. Sellar el cooler con cinta adhesiva para evitar que el cooler se abra durante el transporte. Se recomienda un sello de seguridad (una cinta que mostraría si se abrió el cooler).
8. En el cooler indicar mediante el uso de etiquetas u otro medio, que el cooler es frágil e indicar la correcta posición de transporte del mismo mediante el uso del símbolo de flechas. Es una buena medida que los coolers estén enumerados para su verificación en la recepción.
9. Depositar los cooler conteniendo las muestras en la agencia de transporte terrestre o aéreo según sea el caso.
10. Solicita la factura por el depósito y el envío de las muestras a la agencia de transporte.

- **Muestras de Bioindicadores (Plancton y Bentos)**

Las muestras para análisis de bioindicadores, fueron transportadas y entregadas al departamento de Limnología Museo de historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, se siguió las instrucciones:

1. El código de muestra servirá de enlace en la base de datos de acuerdo al tipo de estudio.
2. Proceder al cierre hermético y protección adecuada (sellar con cinta adhesiva) de cada una de las muestras para su transporte.
3. Empacar las unidades muestrales a T° mínimas para la conservación de las muestras recomendable en "ice/packs".

2.2.2 Lugar de análisis de muestras

- El análisis físico químico de agua, se determinó in situ la evaluación de los parámetros Físico-químicos de: Potencial de hidrogenión (pH), oxígeno disuelto (OD), conductividad, temperatura (T°), solidos totales disueltos (STD), y profundidad; se utilizó el multiparámetro YSI 556 proporcionado por IIAP.

- Los análisis de bioindicadores (Plancton y Bentos), cabe indicar las muestras para determinación de bioindicadores, para Bentos con una sola muestra para cada poza de estudio y para Plancton con una sola toma de muestra en cada poza de estudio; tomadas las muestras se procedió a enviar al laboratorio del departamento de Limnología Museo de historia Natural de la UNMSM.

- Los análisis de metales pesados de agua y sedimento, se analizó los metales pesados en el laboratorio SAG S.A.C acreditado por INDECOPI, en el que utilizaron el método 200.7 USEPA, Rev. Versión 4.4. EMMC, la determinación de metales y elementos traza en agua

y sedimentos se realizó en un plasma de acoplamiento inductivo (ICP) y espectrometría de absorción atómica (AMS) 1994.

2.3. Tipo de Investigación

El presente trabajo de investigación se ajusta al tipo descriptivo, sobre la que se buscó especificar y analizar la calidad del agua en el área de influencia por la minería aurífera en la comunidad nativa de Tres Islas. Los estudios descriptivos se caracterizan por la selección de una serie de variables y se mide cada una de ellas independientemente, para así describir lo que se investiga, Hernandez et al. (1999).

2.4. Diseño de investigación

El tipo de investigación es no experimental de tipo seccional y lo que se hace en estos tipos de investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para luego analizarlas (Hernández, et al, 1999). Los diseños seccionales tienen la ventaja de que se basan en la observación de objetos de investigación tal como existe en la realidad, sin intervenir en ellos ni mucho menos manipularlas (Sierra, 1993).

2.5. Métodos de análisis de datos

2.5.1. Fuentes de información

Las fuentes de información utilizadas para los análisis de datos se basaron en datos obtenidos de:

- La Carta Geológica Nacional obtenida del Instituto Geológico Minero y metalúrgico del Ministerio de Energía y Minas.
- Ley de recursos Hídricos.
- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.
- Norma técnica peruana de control de calidad de agua para Consumo Humano de INDECOPI.
- Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, preparado y publicado por USEPA, APHA.

2.5.2. Metodología de análisis de metales pesados

La metodología de análisis se siguió de acuerdo al parámetro a analizar según las normas internacionales para la caracterización de la calidad del agua (USEPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994) y la norma técnica peruana referida a calidad del agua.

2.5.3. Metodología de análisis de bioindicadores

El método para análisis se siguió el manual de los métodos de colecta, identificación de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (Macro invertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Museo de Historia natural Departamento de Limnología e Ictiología. Este método fue aplicado en plancton y bentos por el laboratorio del departamento de Limnología Museo de historia Natural – UNMSM.

- **Conteo de Especies**

La abundancia se determina usando una cámara de conteo SEDGEWICK-RAFTER de 1ml y 1000 campos con un microscopio compuesto, y se contabilizan 10 campos por cámara. Los resultados se expresan en número de células/ml (Standard Methods, 2005; LeGresley y McDermott, 2010).

- **Determinación de índices**

La diversidad de especies es un valor que combina la riqueza de especies con el balance de la comunidad es decir el reparto equitativo de individuos para cada especie (equitabilidad). Valores altos en su diversidad indican usualmente comunidades bien balanceadas y diversas, mientras que valores bajos indican estrés o impacto. A continuación se enumeran y se exponen los cálculos de los índices de densidad, incluyéndose el número de ejemplares por estación de muestreo (abundancia), número de especies (riqueza) e índices importantes que a menudo están directamente relacionados con la calidad de agua. Se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') y equitabilidad de Pielou's (J) respectivamente. La aplicación de estos índices, los cuales reducen gran cantidad de información a un solo valor por estación de muestreo, facilita la comparación entre sitios y entre épocas.

a. La diversidad de especies por estación de colecta, mediante el uso del índice de Shannon-Wiener (\log_2)

Este es un método ampliamente usado para calcular la diversidad biótica en los ecosistemas acuáticos y terrestres, y es expresado como:

$$H = - \sum_i^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

Dónde: H = índice de diversidad de especies, s = número de especies, p_i = proporción del total de la muestra perteneciente a su especie.

Un valor alto de H' indica una diversidad alta, influenciado por una gran cantidad de especies o una distribución más equitativa de estas. El valor del índice es cero en los casos en que todos los individuos recogidos pertenecen a una sola especie (es decir, mayor dificultad de pronóstico).

b. La homogeneidad en cada estación mediante el uso del índice de equitabilidad de Pielou's (J'), también conocida como uniformidad, es la repartición o distribución igualitaria de los individuos entre las especies presentes. En la ecuación de equitatividad o uniformidad, el valor de J se sitúa entre 0 y 1.0, donde 1.0 representa una situación en la que todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001).

La fórmula es:

$$J' = H' / \log_2 S$$

Donde S = es el número máximo de especies en la muestra.

A su vez las muestras de Bentos (macroinvertebrados) son ampliamente usados para estimar la calidad de un ambiente acuático. Es posible que un vertido haya sido ya lavado por la corriente de agua y sin embargo sus efectos si pueden ser estimados atendiendo a la comunidad acuática presente. En el caso del bentos se conocen relativamente bien los niveles de tolerancia de determinadas taxas (Roldan 2003). El trabajo expuesto aquí agrupa la calidad de las aguas atendiendo al índice EPT y BMWP. El índice EPT nos da la riqueza relativa presente de los órdenes de baja tolerancia a la contaminación Ephemeroptera, Plecóptera, y Trichoptera en las muestras analizadas, Palma et al (2007). El índice biótico modificado para Colombia (BMWP) contabiliza el total de las comunidades bénticas tolerantes a la contaminación: >150, 101-120 (Buena), 61-100 (Aceptable), 36-60 (Dudosa), 16-35 (Crítica), <15 (muy crítica) (Alba-Tecedor 1976).

Estas metodologías usadas en el presente trabajo han sido aplicadas en otras evaluaciones ambientales (EIAs Lote 88, Lote 56, Lote 57 y 90), y en estudios de biodiversidad (Salcedo et al., 1999; Hidalgo & Velásquez, 2006), entre otros y sigue las pautas marcadas por el organismo oficial (CESEL) encargado de observar y fiscalizar los EIA generados en territorio peruano.

2.5.4. Metodología de análisis químico de agua y sedimento

El laboratorio SAG S.A.C. utilizó el método de análisis según USEPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates

by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994, tanto para agua y sedimento.

Resumen del método

Una parte alícuota de una muestra bien mezclados, acuosa o sólida homogénea exactamente pesada o medida para el procesamiento de la muestra. Para ser objeto de reembolso total del análisis de un sólido o una muestra acuosa que contiene material disuelto, los analitos son los primeros solubilizados por reflujo suave con nítrico y ácido clorhídrico. Después del enfriamiento, la muestra está formada por el volumen, se mezcla y se centrifuga o se deja reposar durante la noche antes del análisis. Para la determinación de los analitos disueltos en una alícuota de filtrado de la muestra acuosa, o para el análisis directo de la determinación de reembolso total de los analitos en el agua potable de agua donde la turbidez de la muestra es <1 NTU, la muestra se prepara para análisis de la adición apropiada de ácido nítrico, y luego diluido a una volumen predeterminado y se mezcla antes de su análisis.

El análisis descrito en este método consiste en la determinación multielemental por ICP-AES con instrumentos secuencial o simultánea. Los instrumentos característica medida atómica espectros de líneas por espectrometría de emisión óptica. Las muestras son nebulizadas y el aerosol resultante es transportado al plasma de la antorcha. Los elementos de espectros de emisión específicos son producidos por un aparato de radio-frecuencia plasma de acoplamiento inductivo. Los espectros son dispersados por una reja espectrómetro, y las intensidades de las líneas espectrales son específicas de seguimiento a longitudes de onda por un dispositivo fotosensible. Photocurrents del dispositivo fotosensible son procesados y controlados por un sistema informático. Una técnica de corrección de fondo es necesaria para compensar las variables la 3-N/L contribución de fondo a la determinación de los analitos. El fondo deberá medirse junto a la longitud de onda de analito durante el análisis (USEPA 200.7)

2.6 Análisis Estadístico

En el análisis estadístico se evaluó el cumplimiento de los requerimientos de la Prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) relacionados con la normalidad y la homogeneidad de la varianza, para lo cual se realizó la Prueba de Shapiro-Wilk (Fry, 1993) a todos los parámetros de agua y sedimentos estudiados. Una vez confirmados dichos requerimientos, mediante la prueba de ANOVA se evaluó la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las seis pozas estudiadas, así como entre categorías de tiempo de abandono de las pozas, según cada uno de los parámetros de calidad de agua y

sedimentos. En los casos se estudiaron diferencias estadísticas significativas, se realizó el procedimiento de comparaciones múltiples mediante la Prueba Post-Hoc de Tukey (Fry, 1993). Finalmente, el promedio de las seis pozas de cada uno de los parámetros de calidad de agua que fue comparado con los Estándares de Calidad Ambiental (MINAM) (anexo 3) y sedimentos se comparó estadísticamente con los estándares de la Agencia para la Protección Ambiental de los estados Unidos (USEPA) (anexo 4).

CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES

Para tener mejor comprensión de resultados obtenidos en este trabajo realizado, en mención a la evaluación de la contaminación por metales pesados en cuerpos de agua en la comunidad nativa de Tres Islas del departamento de Madre de Dios, se determinaron resultados de metales pesados en agua y sedimento de las seis pozas de estudio que fueron monitoreadas en la época final de estiaje desarrollados entre los meses de agosto a noviembre y para resultados de bioindicadores en cuerpos de agua fue monitoreado en época de lluvia, los resultados se detallan en el anexo 6.

Sobre todo, se aplicó los estándares de calidad ambiental para aguas superficiales de ríos de la selva (ECA) y los Estándares de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) que dispone lineamientos para calidad de sedimentos, en muchos casos hay mucha variabilidad en la comparación. La presentación para los resultados y discusiones se hace bajo los siguientes aspectos.

3.1. Resultados de parámetros físico-químicos de agua, metales pesados en agua y sedimento y bioindicadores.

3.1.1. Resultados de parámetros Físico-químicos de agua.

Las propiedades Físico-químicas de agua determinan los procesos físicos, químicos y biológicos de agua, el incremento o disminución de los parámetros podría causar efectos dañinos a la flora, fauna y reproducción de las especies acuáticas, además de incrementar algunos de los parámetros, el crecimiento de bacterias y otros organismos que podrían reducir los niveles de oxígeno e incrementar el proceso de eutrofización en el ecosistema acuático. Los resultados obtenidos para los parámetros de agua fueron evaluados in situ que se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Resultados de los parámetros Físico-químicos del agua.

PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE AGUA								
Pozas		Potencial de Hidrogenión (pH)	Oxígeno Disuelto (OD)	Conductividad Micro/S	Temperatura (T°)	Solidos Totales Disueltos (STD)	Profundidad (m)	T° fondo
Topa (PT1)	Orilla A	6,08	1,34	131	27,5	63	4	26,2
	Medio	6,71	1,7	120	27,5	62	3	26,4
	Orilla B	6,62	3,3	120	28,9	63	1,5	28,1
Pedregal (PT2)	Orilla A	6,9	2,8	89	28,8	76	4	26,7
	Medio	6,2	1,5	89	27,2	82	5,1	26,6
	Orilla B	6,3	1,8	87	27,7	79	4,5	26,6
	Orilla A	6,5	3,6	129	28	65	1,8	27,8

Garza (PT3)	Medio	6,5	2,8	131	28,3	65	4,5	26,5
	Orilla B	6,5	3,3	130	28,3	65	3	27,1
Mariposa (PT4)	Orilla A	6,2	0,22	84	25,9	42	3,2	25,3
	Medio	5,9	0,24	81	26,3	51	5	25,1
	Orilla B	5,9	0,32	80	26,3	51	3,5	25,6
Chonta (PT5)	Orilla A	6	0,6	69	26,1	58	2,2	25,8
	Medio	5,9	0,7	68	26	39	2,8	25,8
	Orilla B	6,1	0,9	68	26,3	39	3,8	25,3
Gigante (PT6)	Orilla A	6,11	2,4	64	26,4	37	2,5	25,7
	Medio	6,09	1,9	62	26,3	38	6,5	25,1
	Orilla B	6,04	0,9	63	25,9	35	2,5	25

Fuente: Elaboración propia, 2015.

3.1.1.1. Análisis Estadístico de parámetros Físico-químicos de agua

Se determinó el análisis de varianza (ANOVA) en los parámetros Físico-químicos de agua en las pozas estudiadas. En potencial de hidrogenión (pH) no hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las pozas estudiadas indicando que no hubo interacción entre las pozas (cuadro 7). En el oxígeno disuelto muestra diferencias significativas ($P < 0.05$) con un intervalo de confianza al 95% con error al 5%, se tiene en la poza 3 con mayor interacción al respecto de las pozas: uno, dos, cuatro, cinco y seis (PT1, PT2, PT4, PT5, y PT6) (cuadro 7). En la conductividad indica diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las seis pozas estudiadas, se tiene a la poza con mayor interacción en las pozas uno y tres (PT1 y PT3) con respecto a las pozas: dos, cuatro, cinco y seis (PT2, PT4, PT5 y PT6) (cuadro 7). En la temperatura muestra diferencias significativas con mayor interacción en las pozas: uno, dos y tres (PT1, PT2 y PT3) con respecto a las pozas: cuatro, cinco y seis (PT4, PT5 y PT6) (cuadro 7); finalmente en los sólidos totales disueltos (STD) muestran diferencias significativas en la poza dos (PT2) con mayor interacción con respecto a las pozas: uno, tres, cuatro, cinco y seis (PT1, PT3, PT4, PT5 y PT6) (cuadro 7).

Cuadro 7. Estadística de los parámetros Físico-químicos de agua de las seis pozas evaluadas, (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$).

VARIABLE	POZAS						ANOVA	
	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PT6	F	P
pH	6,47	6,47	6,5	6	6	6,08	3,731	0,29
OD	2,11 bc	2,03 bc	3,23 c	0,26 a	0,73 ab	1,73 abc	8,735	0,001*
CONDUCTIVIDAD	123,7 c	88,3 b	130 c	81,7 b	68,3 a	63 a	295,444	0,001*
T°C	27,96 b	27,9 b	28,2 b	26,17 a	26,13 a	26,2 a	12,520	0,001*
STD	62,7 b	79 c	65 bc	48 a	45,3 a	36,7 a	27,304	0,001*

Fuente: Elaboración propia, 2015.

3.1.1.2. Comparación Estadística con límites permisibles nacionales.

En comparación de resultados con los estándares de calidad ambiental para agua superficial de ríos de la selva (ECA), de Categoría 4, para evaluación de parámetros Físico-químicos de agua califica en potencial de hidrogenión (pH), oxígeno disuelto (OD) y solidos totales disueltos (STD) que se detallan en el cuadro 8 y anexo 3.

Cuadro 8. Parámetros Físico-químicos por poza de estudio acorde a los estándares de calidad ambiental para agua.

PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA							ECA CATEGORIA 4 CONSERVACIÓN DEL SISTEMA ACUATICO RIOS DE SELVA
PARAMETROS	POZA 1 (PT1)	POZA 2 (PT2)	POZA 3 (PT3)	POZA 4 (PT4)	POZA 5 (PT5)	POZA 6 (PT6)	
pH (Unidad)	6,5	6,5	6,5	6,00	6,00	6,08	6.5 - 8.5
Oxígeno Disuelto (mg/L)	2,11	2,03	3,23	0,26	0,73	1,73	≥5
STD. mg/L	62,67	79,00	65,00	48,00	45,33	36,67	500
T° (Celsius)	27,9	27,9	28,2	26,17	26,13	26,2	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

El potencial de hidrogenión (pH) que es una medida de concentración de iones de hidrogeno en agua, cuando el agua es básica (mayor a 7) o muy ácida (menor a 7), el potencial de hidrogenión (pH) puede causar perturbaciones celulares y destrucción de la flora y fauna acuática, (Maggi & carrión, 2011); según el estudio de los resultados obtenidos para el potencial de hidrogenión (pH) se realizó en comparación con los estándares de calidad ambiental para agua superficial de ríos de la selva (ECA), de las tres pozas: uno, dos y tres, de estudio (PT1, PT2 y PT3) están entre los rangos de la categoría clasificada por los estándares de calidad ambiental para agua superficial de ríos de la selva (ECA) para agua (figura 13), se tiene un promedio de 6.5 de potencial de hidrogenión (pH) para las tres pozas, mientras existe una variación de potencial de hidrogenión (pH), según los valores en comparación con los valores de ECA, las pozas: cuatro, cinco y seis (PT4, PT5 y PT6) no están dentro del límite establecido para agua, estos tres últimos están por debajo de la referencia de los ECAs para agua con 6 - 6.08 de potencial de hidrogenión (pH) (figura 13).

Asimismo se tiene el oxígeno disuelto como elemento más importante e indicador principal para la supervivencia de la vida de animales, plantas y bacterias, siendo uno de los indicadores de cuan contaminada está el agua, Las concentraciones de oxígeno disuelto

en el agua varían constantemente por procesos físicos, químicos y biológicos como: productividad primaria, temperatura, salinidad, concentración de dióxido de carbono, sólidos disueltos, materia orgánica y contaminantes inorgánicos producto de la influencia antropogénica como uno de los principales que es la utilización de equipos para la actividad minera aurífera. Se tiene una baja concentración de oxígeno disuelto con 0.26 - 2.11 mg/L, (figura 14), lo cual estos valores indica que están por debajo de los niveles permitidos por los estándares de calidad ambiental para agua superficial de ríos de la selva (ECA), normalmente deberían tener valores ≥ 5 (cuadro 8). En general, este comportamiento se debe a la relación que guarda el oxígeno disuelto con la temperatura (figura 16), por la condición o característica que tiene las pozas, donde el almacenamiento de mayor cantidad de oxígeno disuelto (OD) se tiene en aguas frías que aguas calientes. Los análisis de sólidos totales disueltos (STD) muestran que durante el estudio in situ presento un promedio de 56.11 mg/L, estos valores muestran que están por debajo de los límites permitidos por los estándares de calidad ambiental para agua superficial de ríos de la selva (ECA), cuando deberían tener valores mayores o iguales a 500 mg/L (figura 15).

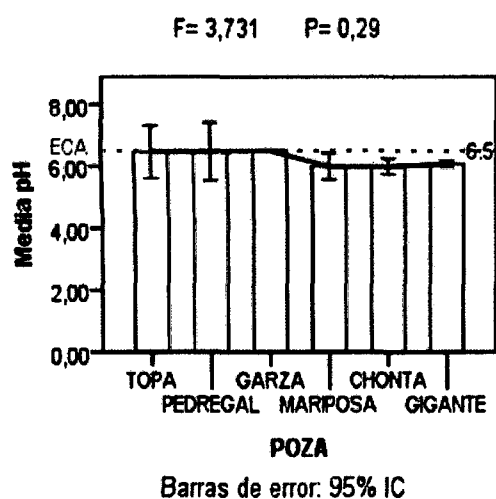


Figura 13. Diagrama con barras de error al 5% con línea límite permisible establecido por ECA para potencial de hidrogenión (pH) (Elaboración propia, 2015).

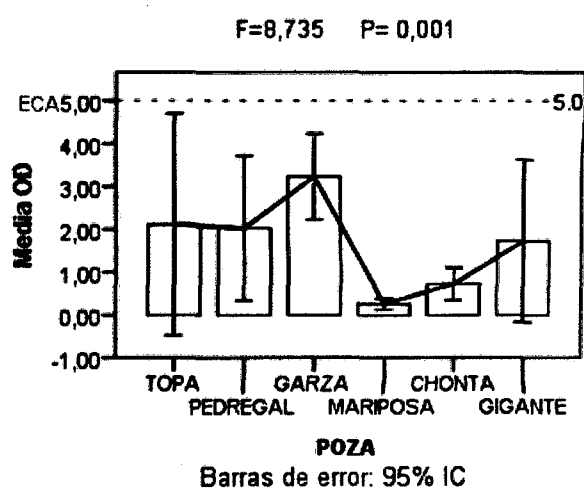


Figura 14. Diagrama con barras de error al 5% con línea límite permisible establecido por ECA para oxígeno disuelto (OD) (Elaboración propia, 2015).

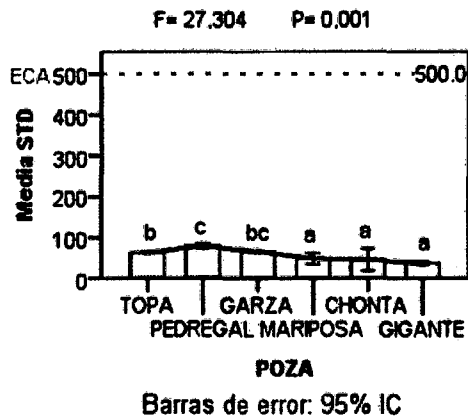


Figura 15. Diagrama con barras de error al 5% con línea límite permisible por ECA para solidos totales disueltos (STD) (Elaboración propia, 2015).

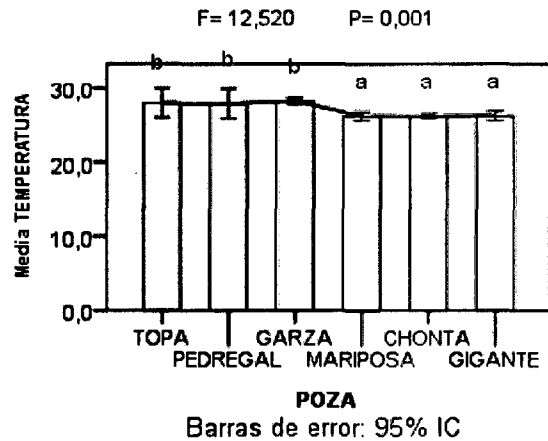


Figura 16. Diagrama con barras de error al 5% con línea límite permisible por ECA para temperatura (T°) (Elaboración propia, 2015).

3.1.2. Resultados de metales pesados de agua.

Los resultados obtenidos del laboratorio determinaron la reproducibilidad y exactitud de cuantificación de cada metal pesado componente de las muestras de agua en cada una de las pozas de estudio en la comunidad nativa de Tres Islas (cuadro 9).

Cuadro 9. Resultados de análisis de laboratorio evaluados de metales pesados de agua.

ANÁLISIS DE METALES PESADOS DE AGUA						
POZAS DE MUESTREO		Arsénico (As)	Cadmio (Cd)	Cobre (Cu)	Mercurio (Hg)	Plomo (Pb)
Topa (PT1)	Orilla A	0.002	0.0005	0.0082	<0.001	0.0043
	Medio	0.002	0.0006	0.0086	<0.001	0.0058
	Orilla B	0.005	0.00039	0.005	<0.001	0.0034
Pedregal (PT2)	Orilla A	0.015	0.0013	0.0045	<0.001	0.0046
	Medio	0.039	0.0027	0.002	<0.001	0.005
	Orilla B	0.008	0.0007	0.0035	<0.001	0.0035
Garza (PT3)	Orilla A	0.006	0.0046	0.0535	<0.001	0.0234
	Medio	0.004	0.0004	0.0045	<0.001	0.0031
	Orilla B	0.004	0.0004	0.005	<0.001	0.0039
Mariposa (PT4)	Orilla A	0.009	0.0028	0.0184	<0.001	0.0101
	Medio	0.01	0.0013	0.0059	<0.001	0.0039
	Orilla B	0.008	0.0018	0.0086	<0.001	0.0055

Chonta (PT5)	Orilla A	0.086	0.011	0.0259	<0.001	0.0197
	Medio	0.033	0.0049	0.0086	<0.001	0.0086
	Orilla B	0.02	0.0032	0.0082	<0.001	0.0079
Gigante (PT6)	Orilla A	0.009	0.0011	0.0018	<0.001	0.003
	Medio	0.071	0.0113	0.0165	<0.001	0.0152
	Orilla B	0.01	0.0017	0.0043	<0.001	0.005

Fuente: Laboratorio SAG S.A.C., 2014

3.1.2.1. Análisis Estadístico de metales pesados de agua

El análisis de metales pesados en agua se hizo mediante la prueba de Shapiro-Wilk, la prueba se procedió con el análisis de varianza (ANOVA) seguido de la prueba de Tukey, en los casos donde existieron diferencias significativas. Sin embargo la concentración de algunos metales pesados en agua muestra valores menores a lo permitido por ECA nacionales y USEPA que a continuación se presenta en los siguientes cuadros con ANOVA para mejor discusión de resultados.

De acuerdo al resultado del ANOVA (Cuadro 10), se demuestra que no existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las 6 pozas estudiadas con respecto a la concentración de los metales pesados en el agua, tales como: Arsénico (As) Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Mercurio (Hg) y Plomo (Pb). Indicando que los datos evaluados para cada metal pesado en agua son prácticamente homogéneos.

Cuadro 10. Aplicación estadística en la concentración promedio de metales pesados en muestras de agua de las seis pozas estudiadas, (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$).

VARIABLE	POZAS						ANOVA	
	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PT6	F	P
Arsénico (As)	0,003	0,021	0,005	0,009	0,046	0,03	1,873	0,173
Cadmio (Cd)	0,0004	0,002	0,002	0,002	0,006	0,005	1,566	0,242
Cobre (Cu)	0,007	0,003	0,021	0,011	0,014	0,008	0,698	0,636
Mercurio (Hg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NS	NS
Plomo (Pb)	0,005	0,004	0,01	0,007	0,01	0,008	0,742	0,607

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Dónde: PT1 es la poza Topa, PT2 es la poza Pedregal, PT3 es la poza Garza, PT4 es la poza Mariposa, PT5 es la poza Chonta, PT6 es la poza Gigante.

ND: No Detectable, NS: No Significante.

3.1.2.2. Análisis Estadístico por tiempo de abandono de las pozas.

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) de datos evaluados según el tiempo de abandono de pozas (Cuadro 11), los metales pesados que dan indicios sobre la tendencia y la contaminación de acuerdo al tiempo de abandono muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) con un intervalo de confianza al 95 % y un 5% de error, en las seis pozas de estudio con respecto a los metales pesados en agua se tiene: Arsénico (As) y Cadmio (Cd), demostrando que hay concentración de metales pesados conforme a la edad o antigüedad de pozas. Por el contrario, el resto de metales pesados no presentaron diferencias significativas entre las seis pozas agrupados de acuerdo al tiempo de abandono (años), indicando que los datos evaluados para cada metal son prácticamente homogéneos.

Cuadro 11. Análisis de Varianza por tiempo de abandono (años) de pozas en agua, (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$).

VARIABLE	POZAS			ANOVA	
	3 - 4 años (Pozas: 1 y 2)	5 - 6 años (Pozas: 3 y 4)	> 7 años (Pozas: 5 y 6)	F	P
Arsénico (As)	0,01 ab	0,007 a	0,04 b	3,983	0,041 ⁿ
Cadmio (Cd)	0,001 a	0,002 ab	0,006 b	4,284	0,034*
Cobre (Cu)	0,005	0,016	0,011	1,141	0,346
Mercurio (Hg)	ND	ND	ND	NS	NS
Plomo (Pb)	0,004	0,008	0,009	1,395	0,278

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Se determinó mayor concentración de arsénico (As) en las pozas con antigüedad de más de 7 años, principalmente en: PT5 y PT6 a diferencia de las pozas: uno y dos (PT1 y PT2) establecen una relación con las pozas: tres y cuatro (PT3 y PT4), con diferencias significativas ($p < 0.05$) al 95% de confianza con un error de 5% (figura 17). Se detectó una mayor concentración de Cadmio en las pozas con tiempo de abandono entre 3 - 4 años y de 7 años a más, principalmente en las pozas 5 y 6 con un alto índice de cadmio (Cd), con respecto a las pozas de tiempo de abandono 5-6 años en ambas mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) al 95% de confianza con un error de 5%, (figura 18). En el cobre (Cu), no se determinó diferencias significativas, los datos evaluados son homogéneos, aunque hay mínima diferencia en pozas con tiempo de abandono 5 y 6 años (figura 19). Mientras en el mercurio (Hg) no se detectó, finalmente en plomo (Pb) no hubo diferencias

significativas ($p < 0.05$) (fig. 20), para determinar la influencia del tiempo de abandono con respecto a los metales pesados.

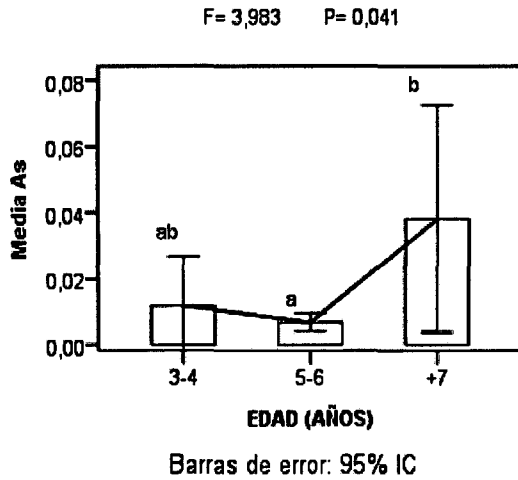


Figura 17. Diagrama con barras de error al 5% para As (Elaboración propia, 2015).

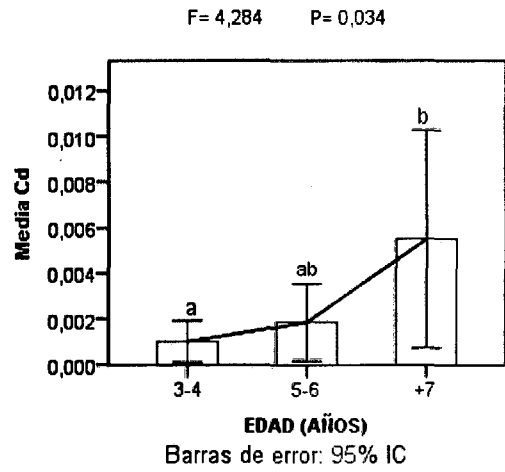


Figura 18. Diagrama con barras de error al 5% para Cd (Elaboración propia, 2015).

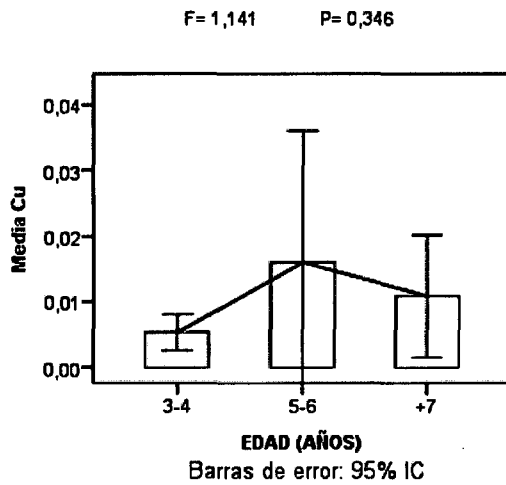


Figura 19. Diagrama con barras de error al 5% para Cu (Elaboración propia, 2015).

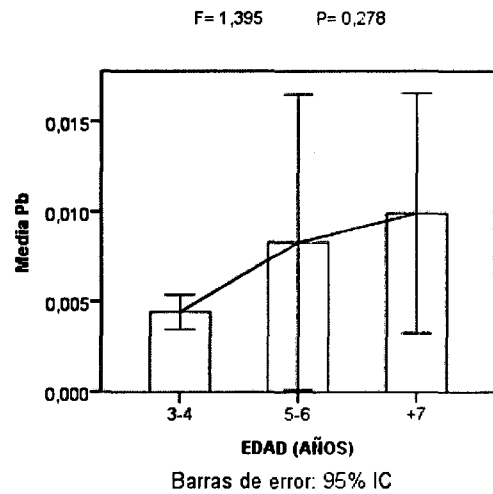


Figura 20. Diagrama con barras de error al 5% para Pb (Elaboración propia, 2015).

3.1.2.3. Comparación Estadística con límites permisibles nacionales e internacionales.

Para tener claro el nivel de contaminación de metales pesados en cuerpos de agua, se procede la relación y descripción estadística con los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para agua superficial de ríos de la selva. En comparación de resultados estadísticos de metales pesados según estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para agua superficial de ríos de la selva de la legislación peruana, no admite a todos los metales pesados evaluados, si no a los principales metales tóxicos para el ecosistema acuático, así como metales pesados o de transición según la tendencia: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb) y Zinc (Zn). Se tomó en cuenta solo los metales de carácter tóxico a: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Mercurio (Hg) y Plomo (Pb) establecidos en los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para agua superficial de ríos de la selva (cuadro 12), de aquellos resultados de corrida de metales según el análisis del laboratorio SAG de la Universidad de Cayetano Heredia. Parte del estudio de la contaminación por metales pesados en cuerpos de agua, se desarrolló principalmente a metales pesados de carácter tóxico establecidos en estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para agua superficial de ríos de la selva.

Cuadro 12. Resultado de metales pesados evaluados (\pm desviación estándar) para agua con los Estándares de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de la selva (ECA).

VARIABLE	Poza Topa (PT1)	Poza Pedregal (PT2)	Poza Garza (PT3)	Poza Mariposa (PT4)	Poza Chonta (PT5)	Poza Gigante (PT6)	ECA (Categoría IV) mg/L
Arsénico (As)	0,003 \pm 0,002	0,02 \pm 0,02	0,005 \pm 0,001	0,009 \pm 0,001	0,045 \pm 0,03	0,03 \pm 0,04	0,05
Cadmio (Cd)	0,0005 \pm 0,0001	0,002 \pm 0,001	0,002 \pm 0,002	0,002 \pm 0,0007	0,006 \pm 0,004	0,004 \pm 0,006	0,004
Cobre (Cu)	0,007 \pm 0,002	0,003 \pm 0,001	0,02 \pm 0,03	0,01 \pm 0,007	0,01 \pm 0,01	0,008 \pm 0,008	0,02
Mercurio (Hg)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,0001
Plomo (Pb)	0,005 \pm 0,001	0,004 \pm 0,0008	0,01 \pm 0,01	0,007 \pm 0,003	0,01 \pm 0,007	0,008 \pm 0,007	0,001

Fuente: Elaboración propia, 2015

ECA: Estándares de Calidad Ambiental Categoría 4: para agua superficial de ríos de la selva

El análisis de metales de carácter tóxico según el reporte estadístico de comparación o de relación para determinar el nivel de contaminación por estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para agua superficial de ríos de la selva, está por debajo del límite

permisible por el estándar nacional el arsénico (As), aunque hay una concentración casi al nivel de lo permitido en la poza cinco (PT5 o Poza Chonta) en relación a otras pozas de estudio, indicando claramente que no hubo mucha influencia en las pozas de estudio con la contaminación de arsénico (As) en las pozas dejadas por la minería aurífera aluvial en la comunidad nativa de Tres Islas (figura 21).

Así mismo siguiendo la comparación estadística con los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para agua superficial de ríos de la selva, está por encima de lo permitido el cadmio (Cd) en las pozas cinco y seis (PT5 y PT6) en relación a las pozas uno, dos, tres y cuatro, que están por debajo de limite permisible. Se observa una influencia de la contaminación por cadmio en las pozas cinco y seis (PT5 y PT6) mas no así para otras pozas de estudio en aguas superficiales (figura 22).

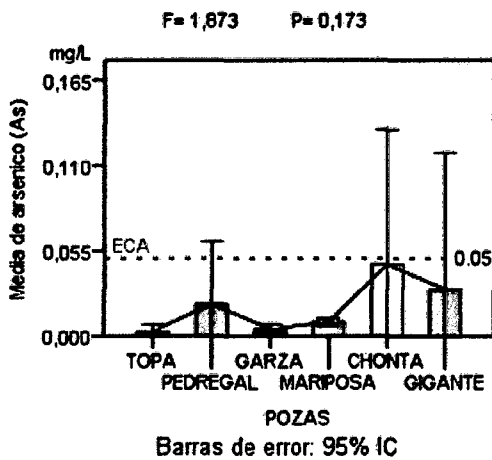


Figura 21. Valores promedio y variabilidad de Arsénico (As) en cada una de las pozas de muestreo, denotando que no hubo diferencias significativas (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$). Comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de la selva (Elaboración propia, 2015).

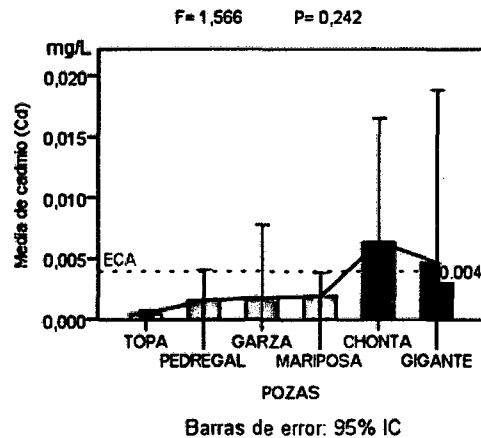


Figura 22. Valores promedio y variabilidad de Cadmio (Cd) en cada una de las pozas de muestreo, denotando que no hubo diferencias significativas (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$). Comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de la selva (Elaboración propia, 2015).

Se analizó en cobre (Cu), con los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para agua superficial de ríos de la selva, indicando que está por debajo de limite permisible, pero en la poza tres (PT3 o Poza Garza) se observa con mayor concentración de cobre

casi al nivel de lo permitido, mientras las demás pozas fluctúan por debajo de límite permisible con indicios normales para su desarrollo del ambiente acuático (figura 23).

Indicar, los análisis en mercurio (Hg) fueron no detectables según resultados de laboratorio, cabe recalcar que los límites de detección fue con mayor proporción que establece los estándares de calidad ambiental de aguas superficiales (ECA) para aguas de ríos de la selva.

Finalmente se observa en el plomo (Pb), está por encima de límite permisible de los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para agua superficial de ríos de la selva, todas las pozas, se observa claramente mayor contaminación de plomo (Pb) con respecto a todas las pozas, con mayor concentración de plomo fue en la pozas tres o garza y cinco o chonta (PT3 y PT5) (figura 24).

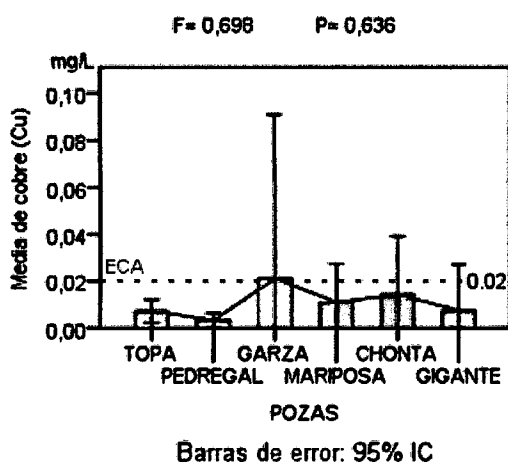


Figura 23. Valores promedio y variabilidad de Cobre (Cu) en cada una de las pozas de muestreo, denotando que no hubo diferencias significativas (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$). Comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de la selva (Elaboración propia, 2015).

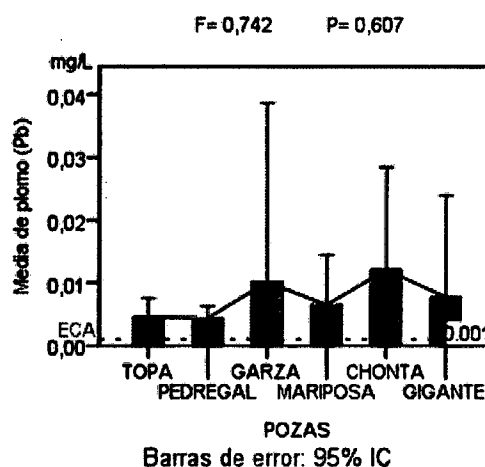


Figura 24. Valores promedio y variabilidad de Plomo (Pb) en cada una de las pozas de muestreo, denotando que no hubo diferencias significativas (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$). Comparando con los Estándares de Calidad Ambiental para agua superficial de ríos de la selva (Elaboración propia, 2015).

3.1.3. Resultados de metales pesados de sedimento

Se determinó para sedimentos, de resultados que fueron proporcionados por el laboratorio SAG S.A.C. a los metales pesados: arsénico (As), cadmio (Cd), mercurio (Hg), cobre (Cu) y plomo (Pb) de mayor interés y por su toxicidad (cuadro 13).

Cuadro 13. Resultados de análisis de laboratorio evaluados para corrida de metales en sedimento.

ANÁLISIS DE METALES PESADOS DE SEDIMENTO						
POZAS DE MUESTREO		Arsénico (As)	Cadmio (Cd)	Cobre (Cu)	Mercurio (Hg)	Plomo (Pb)
Topa	Orilla A	1.6	2.28	9.78	0.09	5.79
	Medio	2.1	2.33	11.95	0.09	6.56
	Orilla B	4.1	4.45	38.24	0.09	14.99
Pedregal	Orilla A	9.3	5.31	29.29	0.09	15.07
	Medio	0.3	2.88	26.35	0.09	13.37
	Orilla B	5.3	4.1	24.73	0.09	12.08
Garza	Orilla A	3.8	3.69	29.49	0.09	12.1
	Medio	1.3	2.5	14.2	22.78	7.48
	Orilla B	2.2	3.94	30.33	0.09	14.08
Mariposa	Orilla A	0.4	1.8	8.99	0.09	4.87
	Medio	4.9	4.35	36.62	0.09	15.08
	Orilla B	1.7	3.35	42.17	0.09	15.4
Chonta	Orilla A	1.5	2.65	15.65	0.09	7.79
	Medio	1.2	1.96	10.16	0.09	5.25
	Orilla B	6.7	4.83	31.98	0.09	14.53
Gigante	Orilla A	7.3	4.26	25.84	0.09	11.47
	Medio	9.8	5.03	34.99	0.09	14.38
	Orilla B	0.6	2.37	10.09	0.09	5.97

Fuente: Laboratorio SAG S.A.C., 2014

3.1.3.1. Análisis Estadístico de metales pesados de sedimento

Según el resultado de análisis de varianza (ANOVA) para metales pesados en sedimento, se demuestra que no existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los seis pozas estudiadas tal como lo muestran los datos, indicando que los datos evaluados para cada metal son prácticamente homogéneos (Cuadro 14).

Cuadro 14. Análisis estadístico de metales pesados de sedimento. (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$).

VARIABLE	POZAS						ANOVA	
	Poza Topa (PT1)	Poza Pedregal (PT2)	Poza Garza (PT3)	Poza Mariposa (PT4)	Poza Chonta (PT5)	Poza Gigante (PT6)	F	P
Arsénico (As)	2,6	4,9	2,4	2,3	3,1	5,9	0,666	0,656
Cadmio (Cd)	3,02	4,09	3,38	3,17	3,15	3,89	0,373	0,858
Cobre (Cu)	19,99	26,79	24,67	29,26	19,26	23,64	0,285	0,912

Mercurio (Hg)	0,09	0,09	7,65	0,09	0,09	0,09	1	0,458
Plomo (Pb)	9,1	13,51	11,2	11,8	9,2	10,6	0,427	0,821

Fuente: Elaboración propia, 2015.

3.1.3.2. Análisis Estadístico de tiempo de abandono de las pozas.

Según el resultado de análisis de varianza (ANOVA) para las pozas con tiempo de abandono para metales pesados en sedimento (cuadro 15), se demuestra que no existen diferencias significativas ($p < 0.05$) al 95% de confianza con un error de 5%, de las 6 pozas agrupados de acuerdo al tiempo de abandono (años), indicando que los datos evaluados para cada metal son prácticamente homogéneos.

Cuadro 15. Análisis estadístico de ANOVA de pozas por el tiempo de abandono (años) en sedimento, (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$).

VARIABLE	POZAS			ANOVA	
	3 - 4 años (Pozas: 1 y 2)	5 - 6 años (Pozas: 3 y 4)	> 7 años (Pozas: 5 y 6)	F	P
Arsénico (As)	3,8	2,4	4,5	0,743	0,493
Cadmio (Cd)	3,56	3,27	3,52	0,101	0,905
Cobre (Cu)	23,39	26,97	21,45	0,35	0,71
Mercurio (Hg)	0,09	3,87	0,09	1	0,391
Plomo (Pb)	11,3	11,5	9,9	0,259	0,775

Fuente: Elaboración propia, 2015.

En el análisis de arsénico (As) en sedimento, para las pozas evaluadas de acorde al tiempo de abandono, hubo mayor influencia en las pozas cinco y seis (PT5 y PT6) con un tiempo de abandono de más de siete años, así también se demostró menor influencia en las pozas tres y cuatro (PT3 y PT4) con tiempo de abandono entre cinco y seis años (figura 25).

Para cadmio (Cd), no se demostró mucha influencia con el tiempo de abandono, aunque en proporciones mínimas se observa en las pozas uno, dos, cinco y seis que tienden a proporciones mayores que las pozas tres y cuatro (figura 26).

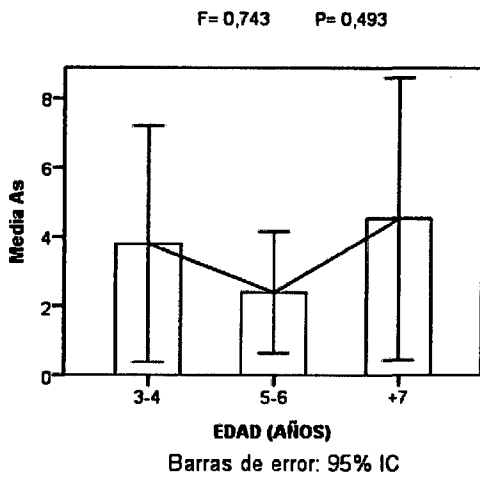


Figura 25. Diagrama con barras de error al 5% para arsénico (As) (Elaboración propia, 2015).

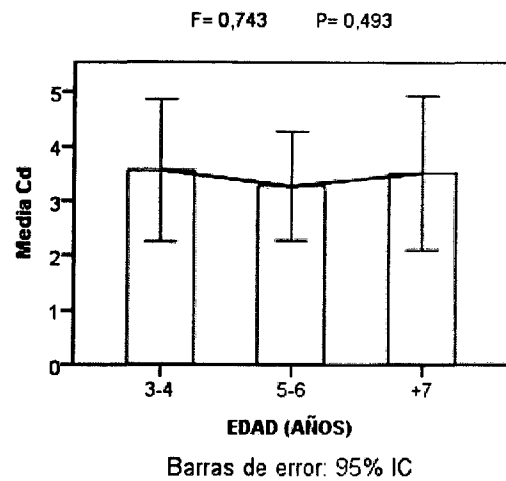


Figura 26. Diagrama con barras de error al 5% para cadmio (Cd) (Elaboración propia, 2015).

Mientras en el cobre (Cu), se observa, que no hubo influencia en el tiempo de abandono entre las pozas de estudio, pero si fluctúa con mayor proporción en las pozas tres y cuatro (PT3 y PT4) con tiempo de abandono de entre cinco y seis años y con mínima proporción las pozas cinco y seis (PT5 y PT6) con tiempo de abandono de más siete años (figura 27). En el mercurio (Hg), si hubo influencia en las pozas tres y cuatro (PT3 y PT4) con tiempo de abandono de cinco y seis años, indicando claramente que no hubo influencia en las demás pozas que fluctúan en el mismo nivel (figura 28).

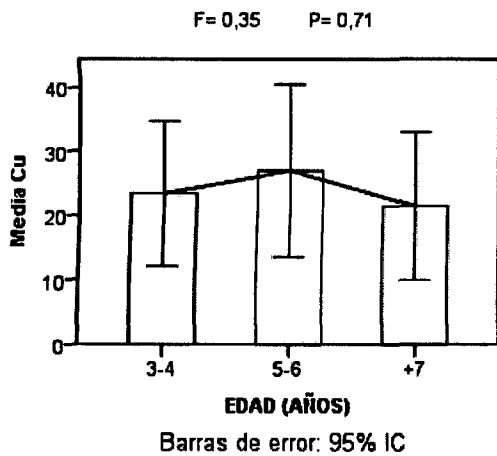


Figura 27. Diagrama con barras de error al 5% para cobre (Cu) (Elaboración propia, 2015).

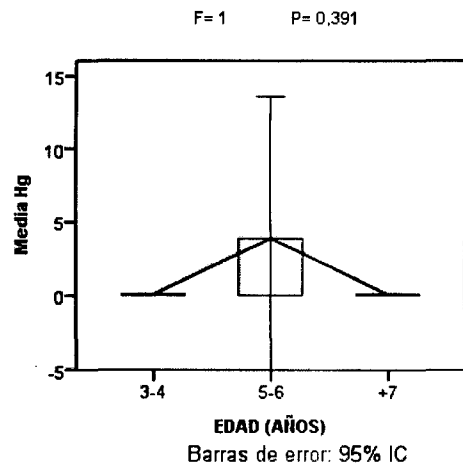


Figura 28. Diagrama con barras de error al 5% para mercurio (Hg) (Elaboración propia, 2015).

También en el plomo (Pb) no hubo mucha influencia en las pozas de estudio, pero si fluctúan al mismo nivel en las poza uno, dos tres y cuatro con tiempo de abandono de tres a seis años en relación con el tiempo de abandono de más de siete años (figura 29).

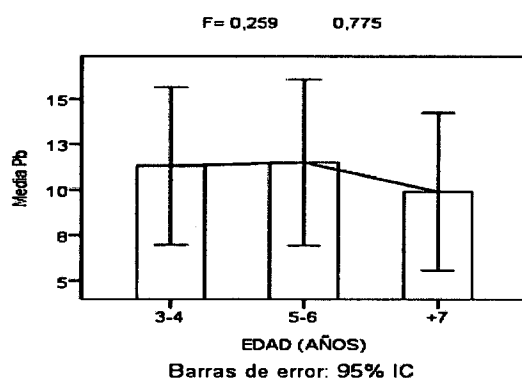


Figura 29. Diagrama con barras de error al 5% para plomo (Pb) (Elaboración propia, 2015).

3.1.3.3. Comparación Estadística con límites permisibles internacionales

La evaluación de resultados en sedimentos se tomó en cuenta el mismo criterio que se evaluó para agua con las mismas variables de metales pesados tomados en cuenta. El sedimento como constituyente fundamental para conocer el nivel de contaminación en la comunidad nativa de Tres Islas, actúan como sumideros de contaminantes principalmente de deposición de metales que pueden ser incorporados por la biota, principalmente por las actividades antropogénicas (Ramon, Marzo 2002). Se determinó metales pesados en sedimentos de carácter toxico según los estándares de la agencia para la protección ambiental de los Estados Unidos (USEPA) (cuadro 16).

Cuadro 16. Resultado de metales pesados evaluados (\pm desviación estándar) para sedimento aplicando los límites permisibles de USEPA.

VARIABLE	Poza Topa (PT1)	Poza Pedregal (PT2)	Poza Garza (PT3)	Poza Mariposa (PT4)	Poza Chonta (PT5)	Poza Gigante (PT6)	USEPA SQG* (mg/Kg)
Arsénico (As)	2,6 \pm 1,3	4,9 \pm 4,5	2,4 \pm 1,3	2,3 \pm 2,3	3,1 \pm 3,1	5,9 \pm 4,8	0,07
Cadmio (Cd)	3,02 \pm 1,2	4,09 \pm 1,2	3,38 \pm 0,8	3,17 \pm 1,3	3,15 \pm 1,5	3,88 \pm 1,37	0,6
Cobre (Cu)	19,99 \pm 15,8	26,79 \pm 2,3	24,67 \pm 9,1	29,26 \pm 17,8	19,26 \pm 11,3	23,64 \pm 11,1	16
Mercurio (Hg)	0,09	0,09	7,65 \pm 13,1	0,09	0,09	0,09	0,0007
Plomo (Pb)	9,11 \pm 5,1	13,51 \pm 1,5	11,22 \pm 3,4	11,78 \pm 5,9	9,19 \pm 4,8	10,61 \pm 4,3	0,22

Fuente: Elaboración propia, 2015

USEPA: Agencia para protección Ambiental de los Estados Unidos

SQG*: Lineamiento para Calidad de Sedimento

Así mismo, determinado los resultados de sedimento, se procede a una relación comparativa de metales pesados con los estándares de la agencia para la protección ambiental de los Estados Unidos (USEPA) que indica a través de los lineamientos de calidad de sedimento, está por encima de los límites permitidos el arsénico (As) en todas las pozas estudiadas, aunque con mayor proporción en la poza seis (figura 30).

Así mismo en cadmio (Cd), se observa que está por encima de límite permisible en todas las pozas estudiadas que fluctúan con mayor proporción en las pozas dos y seis (PT2 y PT6) (figura 31).

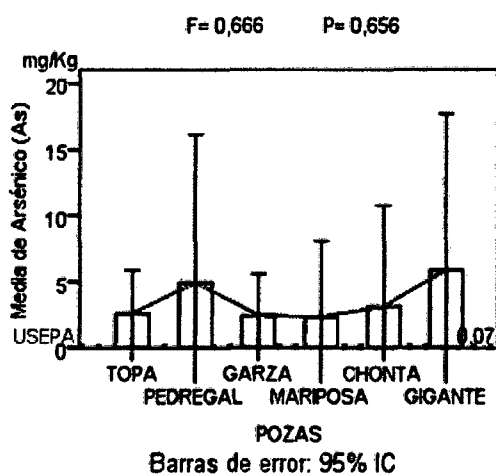


Figura 30. Valores promedio y variabilidad de arsénico (As) en cada una de las pozas de muestreo, denotando que no hubo diferencias significativas (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$). Comparando con los estándares de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (Elaboración propia, 2015).

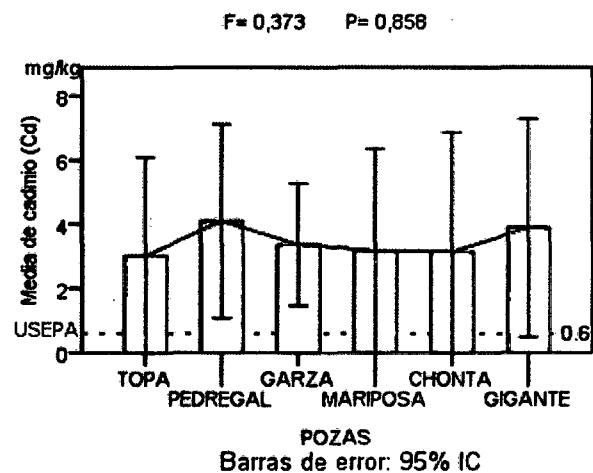


Figura 31. Valores promedio y variabilidad de cadmio (Cd) en cada una de las pozas de muestreo, denotando que no hubo diferencias significativas (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$). Comparando con los estándares de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (Elaboración propia, 2015).

En cobre (Cu), acorde a las comparaciones estadísticas con los estándares de la agencia para la protección ambiental de los Estados Unidos (USEPA), se observa con una

tendencia por encima de límite permisible en todas las pozas estudiadas en el marco del estudio en la comunidad nativa de Tres Islas (figura 32). Mientras en mercurio (Hg), si hubo influencia en sedimentos con mayor contaminación en la poza tres o Garza (PT3) en relación a las demás pozas sobrepasando los límites permisibles en todas las pozas estudiadas (figura 33).

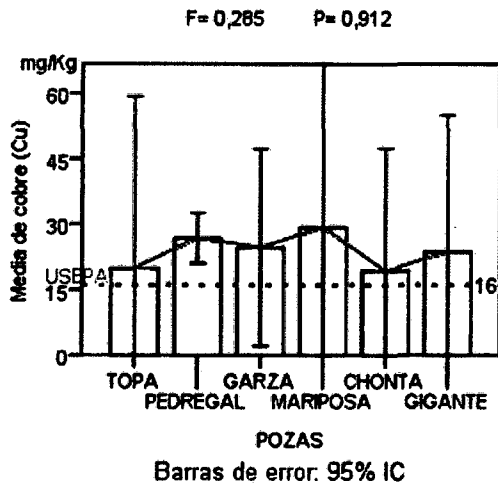


Figura 32. Valores promedio y variabilidad de cobre (Cu) en cada una de las pozas de muestreo, denotando que no hubo diferencias significativas (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$). Comparando con los estándares de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (Elaboración propia, 2015).

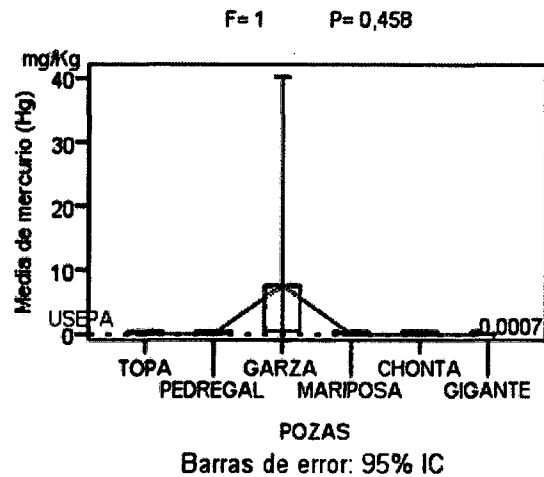


Figura 33. Valores promedio y variabilidad de mercurio (Hg) en cada una de las pozas de muestreo, denotando que no hubo diferencias significativas (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$). Comparando con los estándares de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (Elaboración propia, 2015).

Finalmente en el plomo (Pb), hubo influencia con mayor interacción en todas las pozas estudiadas, observándose con fluctuaciones en las pozas dos, cuatro y seis (PT2, PT4 y PT6) respectivamente, indicando claramente la contaminación por plomo por actividad minera aurífera aunque el plomo no siempre se encuentra en su forma natural, está asociada a aleaciones de metales como al cobre, hierro y entre otras metales que son usados en la minería aurífera (figura 34).

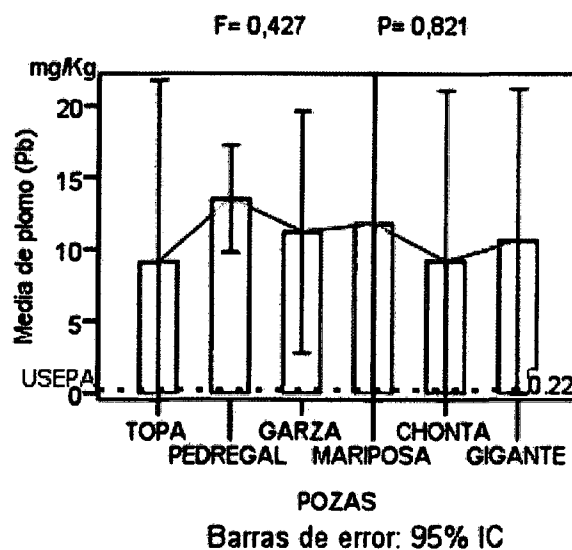


Figura 34. Valores promedio y variabilidad del plomo (Pb) en cada una de las pozas de muestreo, denotando que no hubo diferencias significativas (ANOVA, Prueba de Tukey, $P < 0.05$). Comparando con los estándares de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (Elaboración propia, 2015).

Evaluado la estadística comparativa en agua y sedimento, se observa mayor nivel de contaminación de metales pesados en sedimento en relación al agua, por lo tanto indica que los sedimentos es la fuente de acogimiento de cualquier metal que puede ser de carácter toxico o beneficioso en el ecosistema acuático.

3.1.4. Resultados de bioindicadores

a) Bentos

El estudio de los macro invertebrados se contabilizó 1157 especímenes de 47 especies colectadas en época de lluvia en las pozas de estudio en el sector de 28 de Julio de la comunidad nativa de Tres Islas, distribuidas en; 4 phylum (Annelida, Arthropoda, Mollusca y Platyhelminthes), 6 Clases, 11 Órdenes y 35 familias. Los índices comunitarios se resumen en el apartado anexo 6.

En general se observa mayor índice de especies en las pozas uno, dos y tres con especies: Haplotaxidae, Brasilocaenis, Tenagobia, Chaoborus, Denopelopia (figura 35). Las especies encontradas permiten la colonización y permanencia del bentos. Los principales factores que controlan la distribución y la colonización de la biota acuática en aguas detenidas o loticas, la profundidad o altura del agua, régimen lumínico y de temperatura, pH, conductividad eléctrica y sobre todo estabilidad del sustrato.

Así mismo, atendiendo a la representatividad de las especies de bentos, se mostró con mayor abundancia en las pozas uno, dos, tres y cuatro; al igual en relación a la riqueza de especies en cuerpos de agua en la comunidad nativa de Tres Islas (figura 36).

Las especies y familias principales de bentos por órdenes más representativas en las pozas de estudio, son los Haplotaxida (oligoquetos o lombrices acuáticos) La mayoría de los organismos de éste orden viven en aguas eutrofizadas, sobre fondo fangoso y con abundante cantidad de detritus. La familia más representativa de éste orden fue Haplotaxidae, que viven tanto en aguas corrientes como quietas en el fondo, restos de plantas y vegetación (Roldán, 2003).

El Orden Ephemeroptera (moscas de un día, ing.: Mayflies) se encuentra caracterizado por poseer especies con baja tolerancia a la contaminación tales como las familias: Caenidae y Baetidae, muy abundantes en todas las pozas de estudio. En general viven en sitios con buena oxigenación en sustratos de piedras y arena, características de los sitios donde se colectaron dichas familias (Roldán, 2003).

El orden Hemiptera (chinchas de agua) ocupan un hábitat muy específico dentro de la película superficial del agua y a la vez muy diverso, debido a que se les encuentra en aguas abiertas, de flujo lento así como en ambientes acuáticos lenticos, como es el caso de las pozas dejadas por la minería aurífera aluvial en la comunidad nativa de Tres Islas. La familia más representativa fue corixidae, las familias de hemipeteros de la retícula superficial pueden ser utilizados como bioindicadores de calidad de agua, especialmente en lo referente al contenido de grasas y aceites los cuales realiza una ocupación física del neuston y de sustancias tensoactivas, como detergentes, jabones y dispersantes de petróleo, los cuales rompen la tensión superficial del agua, haciendo imposible el sostén físico de estos organismos Roldán, 2003).

El orden Díptera (insectos larvarios de agua) la mayor distribución de estos organismos en todas las pozas de estudio en la comunidad nativa de Tres Islas en el sector 28 de Julio, se debe en parte a la variedad de sustratos presentes (hojarasca, arena, limo, macrófitas entre otros) que les permite construir una variedad de refugios; posiblemente a la adaptación por resiliencia de la flora y fauna acuática en pozas dejadas por la actividad antrópica. Estas condiciones, en combinación con adaptaciones morfológicas, fisiológicas y ecológicas propias para soportar condiciones adversas de su entorno (Roldan, 1999), permiten que este orden se adapte de una manera más exitosa en esta cuenca.

Los órdenes Ephemeroptera y Díptera dejan evidenciar la gran capacidad de estos organismos para adaptarse a condiciones adversas del ambiente y permiten confirmar porque son componentes abundantes del bentos de ecosistemas dulceacuícolas. De esta forma, se evidencia que las zonas evaluadas en las pozas dejadas por la minería aurífera aluvial, tienen una composición diferencial en términos de macro invertebrados acuáticos, lo que se traduce en una composición heterogénea del hábitat. Sin embargo, se pueden atribuir muchas causas a la fluctuación en la abundancia de los organismos de este tipo, que van desde las intensidades de luz en ciclo diario, la hora en que fue realizado el muestreo, la temperatura del agua, la velocidad de la corriente y lo que la pueda estar afectando, las condiciones de los sustratos e incluso parámetros como la turbidez (Fernandez & Domínguez, 2001).

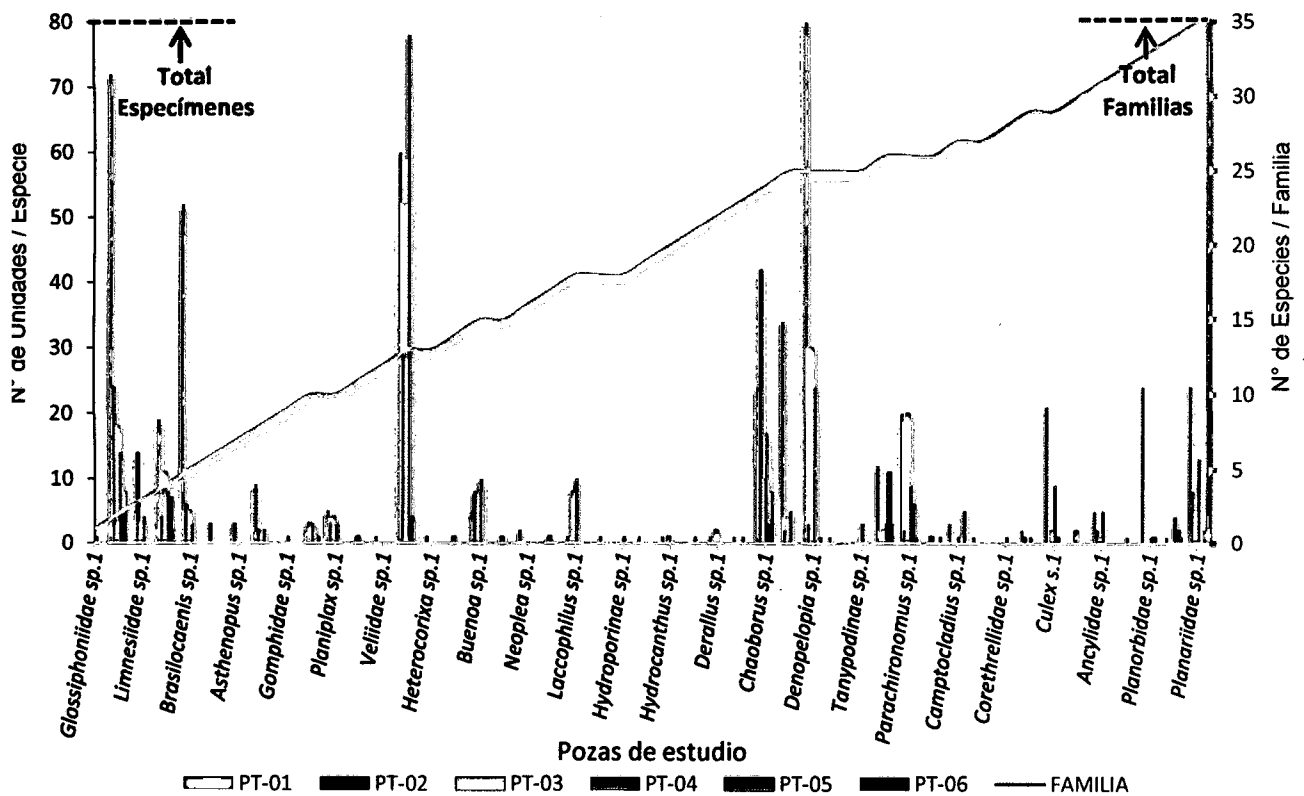


Figura 35. Índice total especímenes de Bentos en las pozas de estudio en la comunidad nativa de Tres Islas (elaboración propia, 2015).

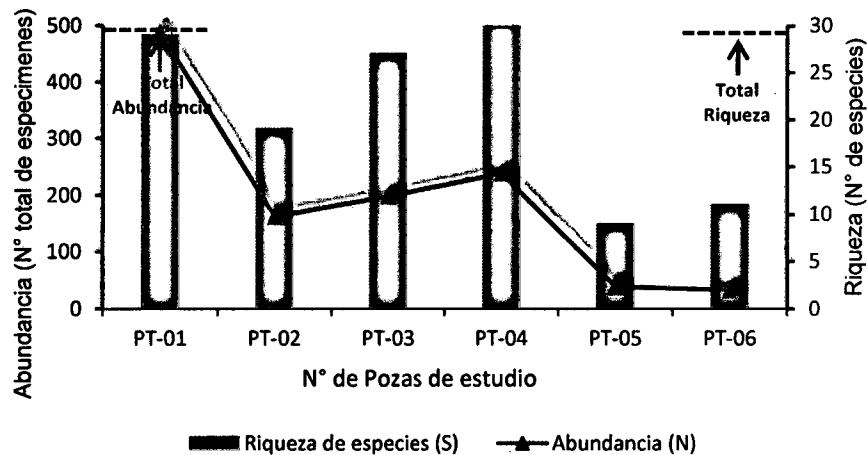


Figura 36. Índices de abundancia y riqueza de bentos en las pozas de estudio en la comunidad nativa de tres islas (elaboración propia, 2015).

b) Plancton

Los resultados obtenidos fue de muestras colectadas en época de lluvias, los Plancton se caracteriza por ser organismos microscópicos divididos en Fitoplancton y Zooplancton, en total para **fitoplancton** se contabilizó 61600 especímenes de los 38 especies distribuidas en: 6 Phylum (Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Cyanophycota, Euglenophycota y Dinophyta), 6 clases, 11 órdenes y 14 familias. Para **zooplancton** se contabilizó 8600 especímenes de las 22 especies encontradas en las pozas dejadas por la minería aurífera en la comunidad nativa de Tres Islas, distribuidas en: 4 Phylum (Arthropoda, Lobosa, Rotifera y Ciliophora), 6 clases, 7 órdenes y 15 familias. Los índices comunitarios se resumen en el apartado anexo.

En **Fitoplancton**, se observa los índices de especímenes distribuidas en las pozas de estudio con mayor proporción en especies: *Trachelomonas* sp., *Lepocinclis* sp., *Euglena acus* (figura 37). Los índices obtenidos para fitoplancton se relacionan con el tiempo de residencia del agua de tal forma que la biomasa de plancton está directamente relacionada a la edad de esa misma agua y atendiendo a los niveles de inundación por factores de la lluvia, la que presento mayor proporción de especies fue las pozas: uno, dos, tres y cuatro mientras la que presentó la menor proporción de especies fue las pozas: cinco y seis (poza más antigua) y por lo tanto lo sufre de eutrofización por la naturaleza de la zona (inundable).

En el estudio realizado se observa con mayor índice de abundancia en la poza uno en relación a las demás pozas de estudio, al igual se determinó mayor proporción de riqueza en las pozas: uno, dos, cinco y cuatro (figura 38).

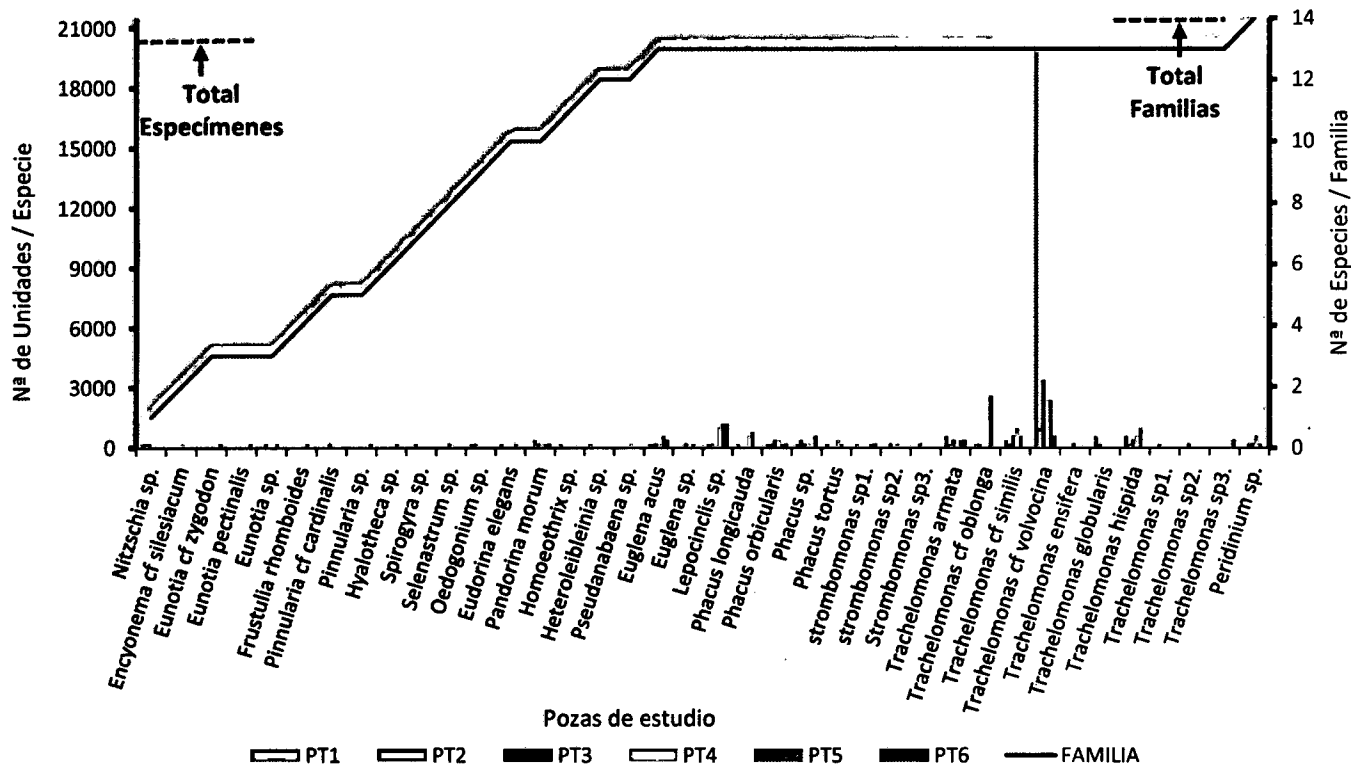


Figura 37. Índice total especímenes de Fitoplancton en las pozas de estudio en la comunidad nativa de Tres Islas (elaboración propia, 2015).

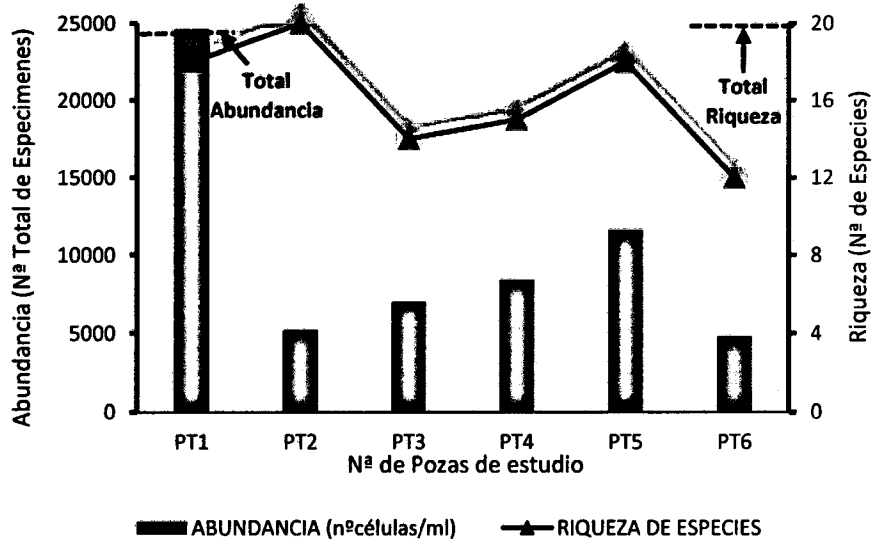


Figura 38. Índices de Abundancia y Riqueza de Fitoplancton en las pozas de estudio en la comunidad nativa de Tres Islas (elaboración propia, 2015).

Para **Zooplankton**, presentó con mayor proporción de especímenes en las pozas: uno y dos en relación a las demás pozas de estudio. Especies de mayor representatividad fue: *Trichocerca* sp., *Microcyclops* sp., *Thermocyclops minutus* (figura 39). Así mismo se observó un aumento en los niveles de abundancia en las pozas: uno, dos y tres (pozas recientes) a diferencia de otras pozas con mayor antigüedad presenta menor proporción de abundancia y riqueza de especies (figura 40).

Los protozoarios (*Cyclopoida*, *Colanoida* y *Ploima*) fueron dominantes en el estudio presentes en todas las pozas exptuando la poza uno y seis. La presencia de mayor proporción de especies en todas las pozas de estudio se relaciona con la disponibilidad de materia orgánica en el medio acuático.

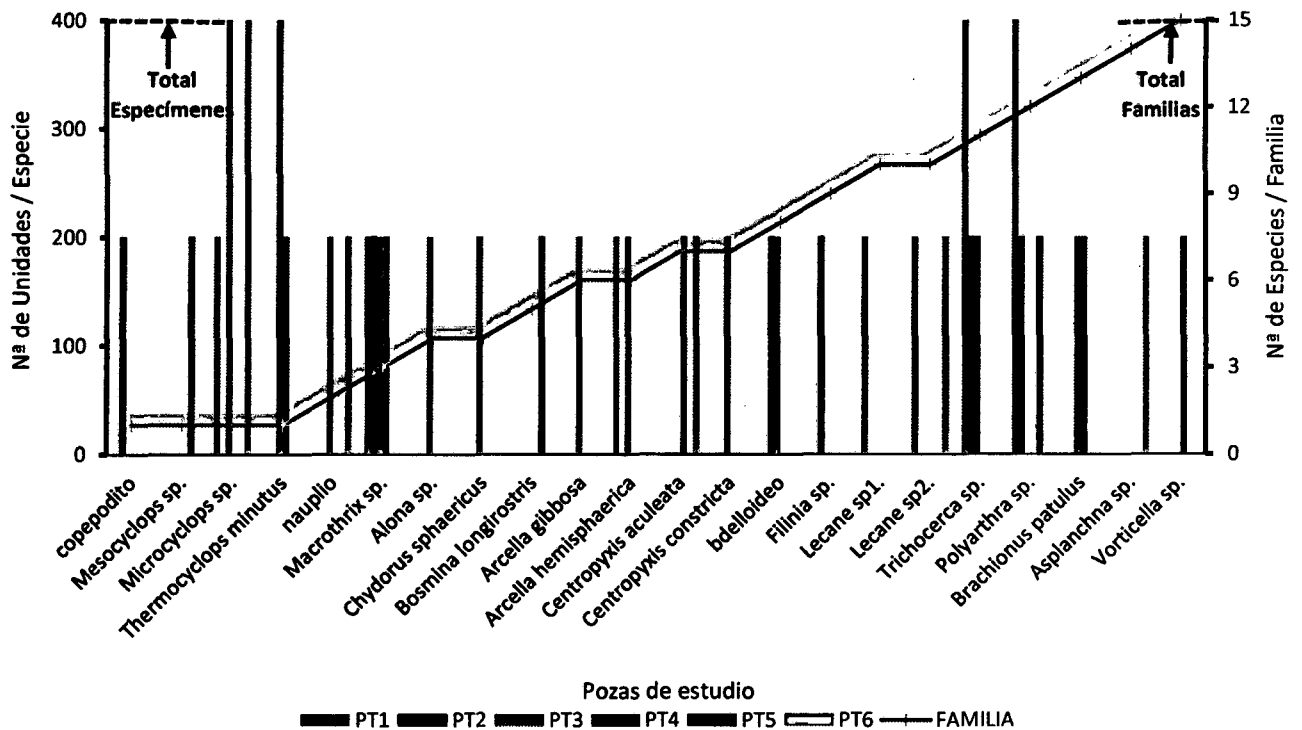


Figura 39. Índice total especímenes de Zooplankton en las pozas de estudio en la comunidad nativa de Tres Islas (elaboración propia, 2015).

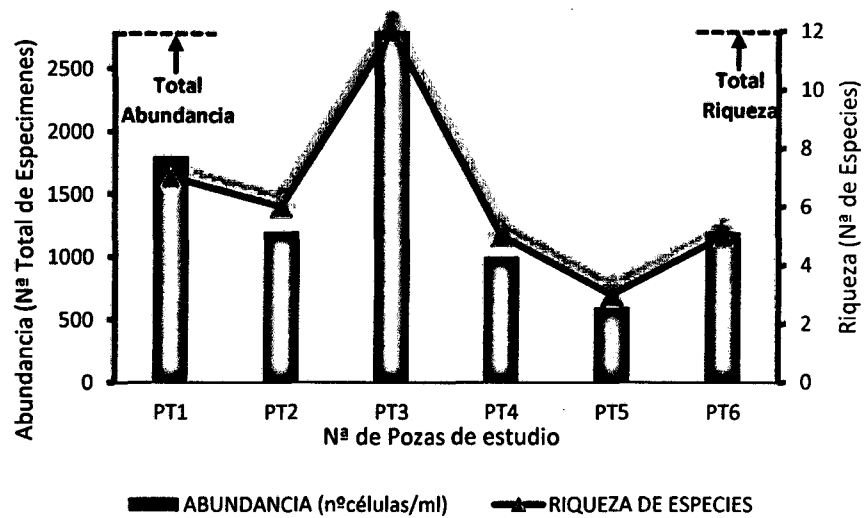


Figura 40. Índices de Abundancia y Riqueza de Zooplancton en las pozas de estudio en la comunidad nativa de Tres Islas (elaboración propia, 2015).

3.1.4.1. Análisis descriptivo de bioindicadores

Como explicamos en el apartado metodológico, las comunidades de invertebrados acuáticos (bentos) nos pueden indicar posibles anomalías o alteraciones sufridas por los cuerpos de agua. Aquí proponemos una clasificación de la calidad de las aguas atendiendo a estándares desarrollados para la Amazonía colombiana (BMWP) al mismo tiempo aplicados los índices en función a la riqueza y abundancia. Atendiendo a la calidad de las taxas evaluadas, las estaciones muestreadas reciben un puntaje, clasificando la calidad de los cuerpos de agua en bueno, aceptable, dudoso, crítico y muy crítico para bentos (cuadro 17), y se determinó los índices de diversidad en función a la abundancia y riqueza para Plancton (cuadro 18), los índices obtenidos para bioindicadores determinan la calidad de agua y esto se relaciona mucho con en el tiempo de residencia del agua de tal forma que la biomasa está relacionada directamente con la edad de esa misma agua y atendiendo el tamaño de las pozas dejadas por la actividad minera aurífera (Chavez & Flores, 2010).

Cuadro 17. Distribución de índices de diversidad para Bentos en las seis pozas/puntos de muestreo.

Estación	Riqueza de especies (S)	Abundancia (N)	Shannon-Wiener (H')	Diversidad de Margalef	Dominancia de Simpson	Equidad de Pielou	BMWP/Col	Calidad
PT-01	29	487	3.815	4.525	0.906	0.785	130	Buena
PT-02	19	162	3.384	3.538	0.862	0.797	94	Buena
PT-03	27	198	3.684	4.917	0.878	0.775	113	Buena
PT-04	31	238	3.762	5.482	0.861	0.759	120	Buena

PT-05	9	39	2.825	2.184	0.834	0.891	36	Dudosa
PT-06	11	33	2.973	2.860	0.839	0.859	35	Crítica

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Cuadro 18. Distribución de índices de diversidad para Plancton en las seis pozas o puntos de muestreo.

INDICES DE DIVERSIDAD DE FITOPLANCTON						
ESTACION	NUMERO DE ESPECIES	ABUNDANCIA (n° células/ml)	RIQUEZA DE MARGALEF d	EQUIDAD DE PIELOU J'	DIVERSIDAD DE SHANNON H'	DOMINANCIA DE SIMPSON 1-D
PT1	18	24600	1.68	0.35	1.47	0.35
PT2	20	5200	2.22	0.95	4.10	0.93
PT3	14	7000	1.47	0.75	2.84	0.74
PT4	15	8400	1.55	0.87	3.38	0.87
PT5	18	11600	1.82	0.84	3.48	0.87
PT6	12	4800	1.30	0.92	3.29	0.88
INDICES DE DIVERSIDAD DE ZOOPLANCTON						
ESTACION	NUMERO DE ESPECIES	ABUNDANCIA (n° células/ml)	RIQUEZA DE MARGALEF d	EQUIDAD DE PIELOU J'	DIVERSIDAD DE SHANNON H'	DOMINANCIA DE SIMPSON 1-D
PT1	7	1800	0.80	0.97	2.73	0.84
PT2	6	1200	0.71	1.00	2.58	0.83
PT3	12	2800	1.39	0.98	3.52	0.91
PT4	5	1000	0.58	1.00	2.32	0.80
PT5	3	600	0.31	1.00	1.58	0.67
PT6	5	1200	0.56	0.97	2.25	0.78

Fuente: Departamento de Limnología Museo de historia Natural de la UNMSM, 2015.

3.2. Discusión de resultados de parámetros físico-químicos de agua, metales pesados en agua y sedimento y bioindicadores.

Cabe indicar, la evaluación de los resultados de parámetros físico-químicos y metales pesados de agua, se determinó con los estándares de calidad para agua de ríos de la selva de categoría 4 (ECA), también se aplicó los estándares de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), para evaluar metales pesados en sedimento de acorde a los lineamientos para calidad de sedimento (SQG).

La comunidad nativa de Tres Islas a pesar de la conservación de sus ecosistemas, ha sido influenciado por la actividad minera aurífera aluvial impactando principalmente en cuerpos de agua, generando espacios dejados por la minería, que estas a su vez generan pozas en todo el ámbito siendo parte del estudio. En ese entender, acorde a los resultados en los parámetros físico-químicos comparados con los estándares de calidad para agua de ríos

de la selva de categoría 4 (ECA), hubo influencia en el potencial de hidrogenión (pH) y oxígeno disuelto más no así en sólidos totales, esta influencia tiene que ver mucho con la concentración de metales pesados encontrados en agua y sedimento, el potencial de hidrogenión (pH) afecta en la especiación química y la movilidad de muchos metales pesados, este factor juega un papel muy importante en las interacciones de los metales pesados. Los cambios de pH pueden influir fuertemente en la adsorción o liberación de cationes (desorción) (Solis & Astudillo, 2013), vale decir que a su vez la temperatura influye sobre la solubilidad de los metales al igual que el contenido de oxígeno disuelto que afecta de forma decisiva tanto a la distribución como al estado fisiológico de la biota del sistema acuático del que depende la respuesta frente a la toxicidad.

Para determinar el estudio principalmente en los metales pesados: Arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), mercurio (Hg) y plomo (Pb) se prosiguió el estudio considerando como los elementos tóxicos para el medio ambiente a altas proporciones (Dickson, 2003). Hubo mayor interacción en la contaminación de metales pesados en sedimento que en agua así en: mercurio (Hg), cadmio (Cd), plomo (Pb), cobre (Cu) y Arsénico (As); que son de origen antrópico y son introducidos por actividades tales como: minería, agricultura, entre otras. Los metales pesados son incorporados a su estructura, mediante fenómenos de atracción y generación de compuestos organometálicos, limitando la biodisponibilidad de los mismos, arrastrándolos y depositándolos en los sedimentos (Fernandez, 2013).

Ciertamente hubo una alta concentración de metales pesados en agua: en cadmio (Cd) en las pozas cinco y seis (PT5 y PT6), en plomo (Pb) en todas las pozas y hubo una interacción en menor proporción en arsénico (As) en la poza cinco (PT5) y en cobre (Cu) en la poza tres (PT3). Así mismo se observó una alta concentración de metales pesados en sedimento en las pozas: cinco y seis (PT5 y PT6) con alta concentración en cadmio (Cd), cobre (Cu), y en el mercurio (Hg) (cuadro 16).

Principalmente indicar, la contaminación en agua fue por el plomo en todas las pozas de estudio y en cadmio (Cd) acorde a los resultados comparados con los estándares de calidad para agua de ríos de la selva de categoría 4 (ECA) en todas las pozas esto se debe por el uso de hidrocarburos y herramientas utilizados en la actividad minera aurífera, el Pb no siempre se encuentra en su forma natural generalmente está asociado como compuesto con otros metales y no metales, hubo contaminación por el Cd solo en las pozas: cinco y seis (PT5 y PT6), mas no sobrepasó los estándares de en las demás pozas ECA. En los resultados de metales pesados en sedimento hubo contaminación en todas las pozas de

estudio, principalmente con el Hg en la poza 3 con mayor nivel de contaminación a diferencia de las pozas de estudio, el mayor nivel de contaminación en sedimentos acorde a los lineamientos para calidad de sedimento (SQG), claramente indica la naturaleza de los metales pesados y su uso inadecuado en la actividad minera aurífera depositándose e infiltrándose en los sedimentos, de pozas generadas por la actividad minera.

Para tener claro la contaminación por metales pesados se ha tenido que evaluar la relación con la antigüedad de las pozas o tiempo de abandono, la antigüedad de las pozas se determinó un aproximado in situ con los moradores del lugar. Procediendo con todo los resultados en agua, se observa una interacción en las pozas de más de siete años comprendiendo entre las pozas cinco y seis con arsénico (As) y cadmio (Cd), indicando un ligero aumento, los metales por naturaleza siempre se mantienen sufriendo cambios químicos por la interacción física del tiempo y el clima, cabe mencionar la influencia sobre la toxicidad del metal el tiempo de residencia en el sistema (dato de muy difícil determinación), que puede llegar a ser de muchos años si las condiciones y la estabilidad del medio acuático así lo permitan (Deza Arroyo, 1996). Mientras en sedimento no hubo interacción según ANOVA de resultados obtenidos, esto por la propiedad de sedimento que no son afectados en pro el factor clima más al contrario van formando deposiciones; pero si en agua como factor principal las inundaciones en épocas de lluvia homogenizan las aguas y en los sedimentos se va aumentando las deposiciones.

Cabe indicar, del análisis estadístico de análisis de varianza (ANOVA) en pozas por tiempo de abandono, parámetros físico-químicos y la evaluación de los bioindicadores se encuentra una relación, que ha mayor antigüedad de las pozas se encuentran contaminadas por las reacciones químicas existentes en el ambiente acuático de las pozas estudiadas por la actividad minera en la comunidad nativa de Tres Islas.

En las pozas 5 y 6 que tienen una antigüedad de 7 años, de acuerdo al análisis de los resultados para bioindicadores estas se encuentra así: poza 5 en estado dudoso y la poza 6 en estado crítico (cuadro 10), indicando baja diversidad biológica en el ambiente acuático razón por la cual según el ANOVA practicada en los parámetros se tiene que las pozas: cinco y seis (PT5 y PT6) son ácidas con valores de 6 y 6.08, simultáneamente se observa en las pozas cinco y seis (PT5 y PT6) una baja concentración de oxígeno disuelto, menor conductividad, mayor temperatura y una baja concentración de sólidos totales disueltos (cuadro 12). Esta influencia de los parámetros físico-químicos evaluados determina ciertamente que los bioindicadores así como el Plancton y Bentos evaluados son bajas en sus especies, que guarda la relación con la antigüedad de las pozas abandonadas, ya que

a mayor antigüedad va aumentando la acidez y disminuyendo el oxígeno disuelto, disminuyendo la conductividad y los sólidos totales, este fenómeno de los parámetros se da siempre que haya un elemento químico en alta concentración que altera estos parámetros y bioindicadores.

Finalmente, para evaluar la calidad de agua de las pozas estudiadas según resultados en bioindicadores se determinó con buena aceptación las pozas uno al cuatro y en la poza cinco y seis se determinó en estado dudoso y crítico guardando una relación acertada con la antigüedad o tiempo de abandono de las pozas, justamente hubo interacción en las pozas cinco y seis (PT5 y PT6) en arsénico (As) y cadmio (Cd) según resultado de análisis de varianza (ANOVA) aplicado a las pozas por el tiempo de abandono, donde en cadmio (Cd) en las pozas: cinco y seis (PT5 y PT6) están por encima de los estándares de calidad ambiental para aguas superficiales de ríos de la selva (ECA) para agua, a su vez el cadmio (Cd) como metal pesado al encontrarse por encima de ECA, se encuentra principalmente asociado a metales como a cobre (Cu) y plomo (Pb); a altas proporciones o relativamente bajas son muy tóxicos no son biodegradables al contrario se acumulan (Fergusson, 1992). El cadmio (Cd) como fuente contaminadora se debe a su uso en baterías en condiciones deplorables o abandonadas que esto expone un peligro para la flora y fauna acuática que altera los parámetros físico-químicos del agua.

CONCLUSIONES

Del estudio realizado en la comunidad nativa de Tres Islas la mayor contaminación por metales pesados evaluados en cuerpos de agua fue por el plomo (Pb); mientras en mercurio (Hg) no se detectó. Mientras en sedimento se encontró metales con nivel de contaminación a todos los metales evaluados (Arsénico, Cadmio, Cobre, Mercurio y Plomo) acorde a los lineamientos para calidad de sedimento de USEPA.

La evaluación de parámetros Físico-químicos del agua establecida se comparó solo con los parámetros que han sido establecidos por los estándares de calidad ambiental para aguas superficiales de ríos de la selva (ECA), teniendo como al potencial de hidrogenión (pH), oxígeno disuelto (OD) y sólidos totales disueltos (STD). De los cuales en cuanto al pH solo estuvo dentro del rango establecido la poza tres (PT3), en relación a las demás pozas tienden a acidez, indicando por debajo de lo establecido. Para el oxígeno disuelto (OD) ninguna poza de muestreo está en lo establecido por ECA, el oxígeno disuelto (OD) está por debajo de ≥ 5 , y para sólidos totales disueltos (STD) está por debajo de lo establecido por ECA (500 mg/L).

En la determinación de la calidad de agua de acuerdo a los resultados de los índices Bentos y Plancton nos aproximan a conocer la salud de los cuerpos de agua, solo una de las seis pozas resultó en estado crítico la poza seis (PT6) y uno dudoso la poza cinco (PT5) pero eso no quiere decir que no existe diversidad biológica, al contrario se apreció de acuerdo a los resultados con mínimas cantidades de especies, así podemos apoyar el proyecto de investigación de que las pozas dejadas por la minería aurífera aluvial a pesar de ser ya impactadas y contaminadas de metales pesados, utilizados en equipos y herramientas para la actividad minera, las pozas mantienen su equilibrio ecológico por la característica de la zona.

Tras analizar los diferentes índices obtenidos de los parámetros de metales pesados así como de bioindicadores hay relación acertada en cuanto a la calidad del agua, así como en la poza seis (PT6), resultó en estado crítico según análisis del rango de bioindicadores así como también la alta proporción de Cd en la poza seis (PT6). Se determinó la influencia de la antigüedad de las pozas en relación a los parámetros físico-químicos que han sido alterados por la alta concentración de metales pesados que determinan el estado de los bioindicadores y esta a su vez la calidad de agua en cuerpos de agua.

RECOMENDACIONES

Generar una línea de investigación futura en base a los estándares de calidad ambiental para aguas superficiales de ríos de la selva (ECA) en categoría IV para agua y la aplicación de los estándares de la agencia para la protección ambiental de los Estados Unidos (USEPA) internacional para sedimento en base a lineamientos para calidad de sedimento (SQG), para conocer cuál es la situación actual del nivel de contaminación por metales pesados y que parámetros están con alta concentración en cuerpos de agua y sedimentos.

Monitorear la calidad de agua en todo el ámbito de la Comunidad Nativa de Tres islas y la región de Madre de Dios en cuerpos de agua, al menos dos monitoreos al año o coincidentemente con la frecuencia de monitoreo de la calidad de agua superficial así como en sedimentos para entender mejor por qué parámetros de metales pesados está siendo contaminados.

En la zona de la comunidad nativa de Tres Islas se identificaron pozas idóneas pero acorde a los resultados con alta concentración metales pesados y alteración de sus parámetros físico- químico, llevando a la contaminación de sus aguas, que no son admisibles para el uso humano ni consumo de su diversidad acuática.

BIBLIOGRAFIA

- Acevedo, S. O. (Marzo de 2007). Aluminio, un indicador de calidad ambiental en suelos de carga variable. Pág. 43-71.
- Adriano, D. C. (1986). Trace elements in the terrestrial environment. *Pág. 533*. New York, EE.UU. doi:10.1002/food.19870310321
- AIDER. (2010). Reduccion de la deforestación y degradación en la Reserva Nacional Tambopata y en el Parque Nacional Bahuaja - Sonene del ámbito de la region Madre de Dios - Perú, bajo los estandares de la alianza para el clima, Comunidad y Biodiversidad - CCBA. *Alianza para el Clima, Comunidad y Biodiversidad* . Puerto Maldonado, Madre de Dios.
- Alberro, N., Bedregal, P., Crubellati, R., & Stegen, S. (Junio de 2011). Manual de Protocolos Armonizados y Evaluados para la Toma de Muestra y el Analisis de Agua y Sedimentos para la Región de America Latina y el caribe. Pág. 15-25. Lima, Av. Canada N. 046, Breña, Perú: Patricia Bedregal Salas.
- Alloway, B. J. (1995). *Heavy metals in soils*. Canada: Blackie Academic & Professional.
- ANA, A. N. (enero de 2010). Reglamento de la Ley de Recursos Hidricos Ley N° 29338. *Lima, Enero de 2010*. Lima, Lima, Peru.
- Aranda A., c. (2013). Estandares de Calidad Ambiental (en el Perú). *VII Congreso Internacional de Legislación de Minería, Hidrocarburo y Electricidad* . Lima, Perú: Printed . Obtenido de <http://www.ecologiahoy.com/estandares-de-calidad-ambiental>
- Arellano, C., Becerra, N., Jara, M., Torre, M. I., & Yucra, H. (2005). Fitoplancton de la Playa Los Pescadores. *Laboratorio de Ecofisiologia Vegetal*, Pág. 2. Lima, Perú.
- Ashe, K. (2012). Elevated Mercury Concentrations in Humans of Madre de Dios. Peru: PLoS ONE 7(3).
- ATSDR, A. p. (Setiembre de 2012). Reseña Toxicologica del Cadmio, Niquel y Aluminio. Pág. 2-4. (C. R. NE, Ed.) Atlanta, EE.UU.
- ATSDR, A. p. (Setiembre de 2012). Reseña Toxicologica del Cadmio, Niquel, Manganeso y Aluminio. Pág. 2-4. (C. R. NE, Ed.) Atlanta, EE.UU.
- Badillo, J. f. (Febrero de 2001). El PLomo y sus Fuentes. Pág. 167. España: Printed EG.

- Barbieri, N. G. (2006). Consecuencias de la contaminación con mercurio en el ambiente. Puerto Maldonado - Madre de Dios: Vicariato Apostólico de Puerto Maldonado.
- Brack, A., Ipenza, C., Brack, J., & Sotero, V. (2011). Minería Aurífera en Madre de Dios y Contaminación con Mercurio - Una Bomba de Tiempo. Lima: Ministerio del Ambiente.
- Campos, E. M. (Junio de 2008). Estudio de la Adsorción de Cromo Hexavalente como Biomaterial la Ectodermis de Opuntia. Pag. 3-4. Toluca, Mexico. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40113197002>
- Castillo, L. I. (2012). *Sedimentos*. Mexico: Instituto de Ingeniería de la UNAM.
- CENSOPAS, C. N. (2010). *Niveles de exposición a mercurio en población de Huepetuhe - Madre de Dios y factores de riesgo de exposición*. Madre de Dios: Instituto Nacional de Salud.
- Chambi, L. J., Orsag, V., & Niura, A. (2012). Evaluación de la Presencia de metales pesados y arsenico en suelos agrícolas y cultivos en tres micro-cuencas del Municipio de Poopo. Pág. 2-3. Obtenido de http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S0250-54602012000100012&script=sci_arttext
- Chavez, L. C., & Flores, J. M. (2010). Calidad de Aguas Urbanas y periurbanas de Puerto Maldonado Madre de Dios - Peru. Puerto Maldonado, Madre de Dios.
- Clevers, J., & Kooistra, L. (2003). Assessment of heavy metal contamination in river floodplain by using the red-edge index. Centre Geo-information (CGI), Wageningen.
- Cruz, G. M., Acha, J. A., & Quea, J. F. (Setiembre de 2007). Estudio de Investigación de la minería ilegal en el Perú. *Repercusiones para el sector minero y el País*. Lima: Instituto de Ingenieros de Minas del Peru.
- Deza Arroyo, N. E. (Noviembre de 1996). *Mercury Accumulation in fish from Madre de Dios*. Lima, Peru: Oregon State University M.S.
- Dickson, T. R. (2003). Química enfoque ecológico. (N. Editores, Ed.) Limusa.
- DIGESA. (2011). Primer Seminario Perspectivas de la Ingeniería Ambiental en la Región Ucayali y el Perú. *Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental, Área de Ecología y Protección*.

- DIGESA. (Marzo 2012). Plan de Trabajo de Vigilancia y Control de Riesgos por Exposición Ocupacional a Metales Pesados. *Dirección de Salud Ocupacional*, Pág.3.
- Eeckhout, S. G. (2006). Mercure: une solution qui nous empoisonne. Pág. 05 - 10. Francia. Obtenido de <http://www.scienceinschool.org/2007/mercury/spanish>
- El Peruano. (31 de Julio de 2008). Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. *Normas Legales*, págs. 1-6.
- Espino, G. D. (2000). *Organismos Indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación*. Mexico: Plaza y Valdes.
- Exley, C. (February de 2003). A Biogeochemical Cycle of Aluminum? *Journal of Inorganic Biochemistry*, Pág. 1-7. Canada.
- FAO, O. d. (2012). El Agua. *Ecología y Enseñanza Rural*, 7-8.
- Fergusson, J. E. (1992). The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects. pág. 502. New York: Pergamon Press.
- Fernandez, H. R., & Domínguez, E. (2001). *Guía para la Determinación de los Artrópodos Bentónicos Sudamericanos*. Argentina Buenos Aires: Editorial Universitaria de Tucuman.
- Fernandez, I., & Walter, L. (2011). Estudio de la Contaminación por Metales Ecotoxicos en Sedimentos en la Bahía de Ite, Tacna. *Ciencia Desarrollo*, Pág. 4 - 5.
- Fernandez, L. E. (marzo de 2013). Concentraciones de mercurio en peces y seres humanos en Puerto Maldonado. *Carnegie Amazon Mercury Ecosystem Project*. Peru: Global Ecology.
- Flores, M. G., & Álvarez, J. A. (2002). Origen y Propiedades de los Sedimentos. Pág. 6-7. Mexico: Instituto de Ingeniería para la Comisión Nacional del Agua.
- Forsberg, B. (Junio 2013). Mercurio en la Cuenca del Río Madre de Dios - un examen crítico de los niveles de contaminación y sus posibles causas y consecuencias. Lima - Perú: Wildlife Conservation Society. Obtenido de www.wcsperu.org - www.inambari.org
- Fry, J. C. (1993). *Biological Data Analysis: A Practical Approach*. Oxford, New York, EE.UU.: University Press.

- Garcia, L., & Domonson, I. y. (2005). Contaminacion por Metales Pesados en Tecnologia de Suelos. Granada - España: Departamento de Edafologia y Quimica Agricola.
- Garcia, R. G. (Octubre 1995). *Diagnostico sobre la contaminacion ambiental del agua*. Iquitos - Peru.
- Giuffre, L., Ratto, S., Marban, L., Ro-maniuk, J. S., & Ro-maniuk, R. (2005). *Riesgos por metales pesados en horti-cultura urbana. ciencias del suelo*.
- Goulding, M., Barthen, R., Cañas, C., Hidalgo, M., & Ortega, H. (2010). *La Cuenca del Inambari Ambientes Acuaticos, Biodiversidad y Represas* (Wildlife Conservation Society ed., Vol. I). Lima, Miraflores, Perú: Grafica Biblos S.A.
- Harris, R., Murray, M. W., Saltman, T., Mason, R., Krabbenhoft, D. P., & Reash, R. (March de 2007). Monitoring and evaluating trends in methylmercury accumulation in aquatic biota. Florida: SETAC.
- Hernandez, R. S., Fernandez, C. C., & Baptista, P. L. (1999). *Metodología de la Investigación*. (M. GRAW-HILL, Ed.) Mexico: Interamericana Editores, S.A.
- Huerta, C. H. (Setiembre 2010). Determinación de Propiedades Fisicas y Quimicas de suelos con Mercurio en la Region de San Joaquin, Qro., y su relacion con el crecimiento Bacteriano. Pág. 06-10. Querétaro, Mexico.
- INEI. (2008). Madre de Dios: Principales Resultados del IV Censo Economico 2008. *IV Censo Nacional economico*. Puerto Maldonado, Madre de Dios.
- INRENA, I. n. (2003). Reserva Nacional Tambopata. *Plan Maestro*, Pág. 5-8. Puerto Maldonado, Madre de Dios.
- José Alvarez, V. S. (2011). Minería Aurifera en Madre de Dios y Contaminacion con Mercurio. *Informe Preparado por el Instituto de la Amazonia Peruana - IIAP y el Ministerio del Ambiente*. Lima - Peru, Peru.
- Lamborg, C., Fitzgerald, W., & Morel, M. (February de 1994). The biogeochemical cycling of elemental mercury: Anthropogenic influences. *Geochimica et Cosmochimica*, 58, Printed in the USA. California, USA: Elsevier Science Ltd.
- Lynne Shrum, P. (December de 2009). Analysis of Mercury and Lead in Birds of Frey From Gold-Mining Areas of the Peruvian Amazon. Pág. 3-4. TigerPrints.

- Maggi, B. L., & Carrión, J. F. (2011). Estudio de Condiciones Físicas, Químicas y Biológicas en la Zona Internacional de Dos Sectores del Estero Salado con Diferente Desarrollo Urbano. Guayaquil, Ecuador.
- Makowski, G. S. (Junio de 2009). Evaluación de la Distribución y Abundancia de Lianas en la Reserva Nacional de Tambopata, Perú. Lima, Perú: PUCP.
- Marrugo Negrete, J. (Julio de 2011). Evaluación de la Contaminación por Metales Pesados en la Ciénaga la Soledad y Bahía de Cispata, Cuenca del Bajo Sinu, Departamento de Córdoba. Pág. 32. Córdoba.
- Martínez, C. M. (2005). Utilización de ultratrazas de metales pesados como trazadores de los efectos antropogénicos de los efectos producidos en ecosistemas acuáticos. Pág. 192-194. Cádiz, Colombia: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz.
- Maurice, L. B. (Abril 2001). Síntesis del Conocimiento sobre la Contaminación por Mercurio en aguas, sedimento y peces del río Beni y sus tributarios. *El Mercurio en la Amazonía Boliviana, Primera Edición*. La Paz, Bolivia: Impreso en Bolivia.
- Mayorquín, C. M. (Julio 2011). Estudios de la Contaminación de los Recursos Hídricos en la Cuenca de los ríos San Pedro, previos a la Construcción de una Hidroeléctrica (P. H. Las Cruces) en Nayarit, México. Pág. 24. México.
- Mendoza, P. M. (2006). Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellón. España: Publicaciones Server. Universidad de Valencia.
- Miloslavich, P. M. (2011). *Impactos Ambientales de la Minería Aurífera y Percepción Local en Madre de Dios*. Lima - Perú, Perú: PUCP.
- MINSA. (2010). Niveles de Exposición a mercurio en población de Huepetuhe - Madre de Dios y Factores de Riesgo de Exposición. CENSOPAS, Centro nacional de Salud Ocupacional y Protección del Ambiente para la Salud - DIRESA Madre de Dios. Puerto Maldonado, Perú.
- Mosquera, C., Chávez, M. I., Pachas, V. H., & Moschella, P. (Abril de 2008). Estudio Diagnóstico de la Actividad Minera Artesanal en Madre de Dios. Pág. 6-7. Lima, Av. Dos de Mayo 741 Miraflores, Perú: Fundación Conservación Internacional.

- Mosquera, C., Chávez, M. I., Pachas, V. H., & Moschella, P. (Abril 2008). *Estudio Diagnóstico de la Actividad Minera Artesanal en Madre de Dios*. Av. Dos de Mayo 741 Miraflores, Lima, Perú: Fundación Conservación Internacional.
- OEFA, A. O. (Abril 2014). *Fiscalización Ambiental en Agua Residuales* (Primera Edición ed.). (B. V. Franco, Ed.) Av. Arequipa 4558 Miraflores - Lima, Peru: Hecho en el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2014-05991. Obtenido de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Ortega, H., Rengifo, B., Samanez, I., & Palma, C. (Julio de 2007). Diversidad y el Estado de Conservación de Cuerpos de Agua Amazonicos en el Nororiente del Perú. *Avances de las Ciencias Biológicas en el Perú*. Lima, Perú.
- Osorio, L. S., Tovar, A. T., & Goes, T. F. (1996). El Cadmio: Mecanismos Basicos de Toxicidad. Pág. 211. Mexico: CONACYT.
- Peralta, P., & León, J. (2006). Estudios de Caracterización Limnológica de los Embalses de la Provincia de Mendoza. *Componentes de Calidad de Agua y Suelo*. Mendoza, Argentina.
- Perez, R. S. (1997). *Stok of immobilized metals in "Jose Antonio Alzate" dam mud sediment samples in the State of Mexico*. Mexico: J. Radioanal Nuc Chem.
- Puente, P., & Paulina, M. (2009). Analisis de la Concentracion de Arsenico en Tres Alimentos: Papa (*Solanum tuberosum*), Zanahoria (*Daucus Carota*) y Leche Cruda Producidos en las Zonas Afectadas por el Volcan Tungurahua (Mocha - Quero). Pág. 32-34. Guayaquil, Ecuador.
- Ramon, S. C. (Marzo 2002). Contenido de Metales Pesados (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V y Zn) en los Sedimentos marinos de la Region Patagonica. Pág. 78. Chile: Montreal.
- Restrepo, J. O., & Johnson, B. (2002). La Contaminacion con Mercurio en el Norte de Colombia. (J. E. E., Ed.) Colombia: Impresion ALPHA Impresores Ltda.
- Revilla, C. P. (2009). Contaminacion por Metales Pesados. Pág. 27. Bogota: Gaceta Medica.
- Rodriguez Achung, F. (Octubre de 1995). El Recurso del Suelo en la Amazonia Peruana, Diagnostico para su Investigación. *Documento Tecnico N° 14*. Iquitos, Perú: IIAP.

- Rodriguez Hermogenes , R. (2001). estudio de la Contaminacion por metales pesados en la cuenca del Llobregat. Pág. 05-07. Barcelona.
- Rodriguez, J. F., Quintal, I. D., & Correa, H. E. (Noviembre de 1995). Evaluacion de la Bioconcentracion de Plomo en la Mojarra Tilapia. Pág. 9-10. Mexico.
- Roldan, G. A. (1999). Los Macroinvertebrados y su Valor como Indicadores de la Calidad del Agua. *Ecología*, Pág. 2.
- Roldán, G. A. (2003). Bioindicación de la calidad de agua en Colombia Uso del metodo BMWPCol. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Romero, A. M. (2000). Metales (Cr, Pb, y Zn) en Sedimentos y quironomidos del rio Rocha. *Ecología y Conservacion Ambiental*, Pág. 37-48. Bolivia.
- Romero, D. P. (Setiembre 2009). *Muestro y analisis de mercurio en sedimentos* . Mexico: Editorial Piramide.
- Sanchez, M. I. (2003). Determinación de metales pesados en suelos de Medina del Campo Valladolid. En *Contenidos extraibles, niveles de fondo y de referencia* (pág. 298). España: Universidad de Valladolid.
- Scheiner, S. M., & Gurevitch, J. (2001). *Design and Analysis of Ecological Experiments* (Vol. 2da. Ed.). New York: Oxford University.
- Scheumamer, A. M., Meyer, M. W., Sandheinrich, M. B., & Murray, M. W. (February de 2007). Effects of Environmental Methylmercury on the Health of Wild birds, Mammals, and fish. EE.UU.: Ambio.
- Sierra, R. B. (1993). *Tesis Doctorales y Trabajos de Investigacion Cientifica*. Madrid, España: Paraninfo S.A.
- Silva, G. V., Mejia, G. C., Mora, I. G., Rodriguez, R. P., & Barrera, T. C. (Febrero de 2006). Bioindicadores como Herramienta para determinar la Calidad del Agua. Pag. 2.
- Silva, G. V., Mejia, G. C., Mora, I. G., Rodríguez, R. P., & Barrera, T. C. (Febrero de 2006). Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad de agua. Mexico.
- Solis, V. S., & Astudillo, M. A. (Febrero de 2013). Contenido de Metales Pesados en agua y sedimento en el bajo Nanay. Pág. 2-3.

- Tapia, M. E., & Naranjo, C. (2008). Estudio de las Comunidades del Fitoplancton en Monteverde Peninsula de Santa Elena. *Acta Oceanografica del Pacífico*, Pág. 2. Guayaquil, Ecuador.
- Ubillus, J. L. (Julio de 2003). Estudio sobre la Presencia del Plomo en el Medio Ambiente de Talara. Pag. 19-21. Lima, Perú. Obtenido de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/monografias/ingenie/ubillus_lj/contenido.htm
- Wedepohl, K. H., & Turekian, k. K. (1961). Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. *Geological Society of America*, Pág. 175-192. EE.UU. Obtenido de <http://www.geosociety.org/pubs/index.htm>
- WHO. (2005). El Mercurio en el Sector de la Salud. *Departamento de Salud Publica y Medio Ambiente Agua, Saneamiento y Salud* , Pág. 2.
- WHO. (1990). International programme of Chemical Safety (IPCS). Genova: Methylmercury. The International Labour Organization and the World Health Organization.
- Yague, F. C. (setiembre de 1992). El Manganeso como nutriente del limonero Verna. Pág. 5-6. España.
- Zaixo, H. E. (Junio de 2002). Manual de Campo para el Muestreo de Bentos y organismos acuaticos. Pág. 40. Patagonia, Chile.

ANEXOS

Anexo 1. SISTEMA DE VARIABLES E INDICADORES

Cuadro 19. Operacionalización de Variables e Indicadores.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTO	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA	VALOR FINAL
ACTIVIDAD MINERA	Actividad económica que a lo largo del tiempo ha ido cambiando de lugar e intensidad, empleando procedimientos rudimentarios para su extracción	Actividad que ocasiona mayor contaminación de los ecosistemas acuáticos	Ausente	No contaminado	Porcentaje de ausencia	Nominal	0% 10 - 30% = Baja
			Presente	Contaminado	Porcentaje de presencia	Nominal	40 - 60%= Media 70 - 100 %= Alta
AGUA	Sustancia líquida que abunda en la Tierra y es la única que se encuentra en la atmósfera en estado líquido, sólido y gaseoso	Cuerpos de agua dejado por la actividad minera aurífera	Parámetros químicos	Cd Cr Ni As Cu Pb Hg	ppm	Intervalo Numérico	0,004 mg/L 0.05 mg/L 0.025 mg/L 0.05 mg/L 0.02 mg/L 0,001 mg/L 0,0001 mg/L

			Parámetros Físicos	Conductividad Eléctrica pH Materia Orgánica Temperatura Oxígeno Disuelto Sólidos Totales disueltos.	ds/m mm °C mg/L ppm		≤ 25-100mg/L ≥ 5 500 mg/L
SEDIMENT O	Presentan características diversas, según la zona en que se hayan depositado, de manera que unos representan la acumulación	Depósitos en fondos acuáticos	Metales Pesados	Cd Cr Ni As Cu Pb Hg	ppm	Intervalo numérico	0,004 mg/L 0.05 mg/L 0.025 mg/L 0.05 mg/L 0.02 mg/L 0,001 mg/L 0,0001 mg/L
BIOINDICADORES	Composición comunitaria bajo condiciones normales, incluyendo el ciclo de vida de las especies, su estacionalidad y sus variaciones naturales	Indicadores de calidad de agua	Bentos	Riqueza de Especies Abundancia Shannon-Wiener (H') Equidad de Pielou J' BMWP/Col	N° de especies N° de capturas Decits/individuo Shan/ind.	Intervalo numérico	2.4-2.5 = crítico 4.5 = estándar 0 - 1

			Plancton (Fitoplancton)	Número de Especies Abundancia Shannon- Wiener (H')	de	N° de capturas N° de cel./ml Decits/indi- viduo		% % 2.4-2.5 = crítico 4.5 = estándar
			Plancton (Zooplancton)	Número de Especies Abundancia Shannon- Wiener (H')	de	N° de capturas N° de cel./ml Decits/indi- viduo Shan/ind.	Intervalo numérico	% % 2.4-2.5 = crítico 4.5 = estándar 0 - 1

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Cuadro 20. Ficha de cadena de custodia para determinar muestras al momento de monitoreo.

Cadena de Custodia de Monitoreo - Agua y Sedimento																		
Cliente:						Contacto:				Email:								
Lugar: Ciudad Universitaria UNAMAD					Proyecto: Evaluación de la Contaminación por Metales Pesados en Cuerpos de Agua dejados por la Minería Aurífera en la Comunidad Nativa de Tres del Departamento de Madre de Dios						Fecha:							
Carta/Cotización											N° de Informe:							
Punto de muestreo o Código Cliente	Localidad/Sector	Distrito	Provincia	Departamento	FECHA	HORA	COORDENADAS		TIPO MATRIZ	ANALISIS LABORATORIO						CODIGO DEL LABORATORIO	DATOS ADICIONALES	
							ESTE	NORTE										
TOPA	Orilla A	Tres Islas	Tambopata	Tambopata	Madre de Dios			455858	8613333	Agua Fondo								
	Medio	Tres Islas	Tambopata	Tambopata	Madre de Dios			455844	8613374	Agua Fondo								
	Orilla B	Tres Islas	Tambopata	Tambopata	Madre de Dios			455827	8613413	Agua Fondo								
PEDREGAL	Orilla A	Tres Islas	Tambopata	Tambopata	Madre de Dios			455957	8613369	Agua Fondo								
	Medio	Tres Islas	Tambopata	Tambopata	Madre de Dios			455976	8613383	Agua Fondo								
	Orilla B	Tres Islas	Tambopata	Tambopata	Madre de Dios			456002	8613387	Agua Fondo								
GARZA	Orilla A	Tres Islas	Tambopata	Tambopata	Madre de Dios			455688	8613488	Agua Fondo								
	Medio	Tres Islas	Tambopata	Tambopata	Madre de Dios			455730	8613492	Agua Fondo								
	Orilla B	Tres Islas	Tambopata	Tambopata	Madre de Dios			455754	8613515	Agua Fondo								
MARIPOSA	Orilla A	Tres Islas	Tambopata	Tambopata	Madre de Dios			455616	8613521	Agua Fondo								
	Medio	Tres Islas	Tambopata	Tambopata	Madre de Dios			455614	8613488	Agua Fondo								
	Orilla B	Tres Islas	Tambopata	Tambopata	Madre de Dios			455647	8613473	Agua Fondo								
CHONTA	Orilla A	Tres Islas	Tambopata	Tambopata	Madre de Dios			455667	8613610	Agua Fondo								
	Medio	Tres Islas	Tambopata	Tambopata	Madre de Dios			455535	8613589	Agua Fondo								
	Orilla B	Tres Islas	Tambopata	Tambopata	Madre de Dios			455483	8613635	Agua Fondo								
GIGANTE	Orilla A	Tres Islas	Tambopata	Tambopata	Madre de Dios			455485	8613746	Agua Fondo								
	Medio	Tres Islas	Tambopata	Tambopata	Madre de Dios			455455	8613830	Agua Fondo								
	Orilla B	Tres Islas	Tambopata	Tambopata	Madre de Dios			455420	8613931	Agua Fondo								
Observaciones del Muestreo:																		
Nombre y apellido del responsable del muestreo: Raul Quispe Aquino									Firma:			Recibido en laboratorio:						
Nombre y apellido del responsable o supervisor en campo: Quim. Liset Rodríguez Achata									Firma:			Día/Hora:						

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Anexo 2. Registro Fotográfico de la secuencia del estudio en la C. N. de Tres Islas.




Imagen	Descripción
	<p>FOTO 1</p> <p>Puerto principal de la comunidad nativa de Tres Islas – Tambopata – Tambopata – madre de Dios.</p>
	<p>FOTO 2</p> <p>Puerto del sector de 28 de Julio, entrada principal hacia las pozas del área de estudio.</p>
	<p>FOTO 3</p> <p>Poza de estudio denominado "TOPA", primera poza de estudio en el sector de 28 de Julio.</p>




Imagen	Descripción
	<p data-bbox="986 371 1094 400">FOTO 4</p> <p data-bbox="783 451 1302 544">Poza de estudio denominado "PEDREGAL", segunda poza de estudio en el sector de 28 de Julio.</p>
	<p data-bbox="986 809 1094 838">FOTO 5</p> <p data-bbox="783 889 1302 982">Poza de estudio denominado "GARZA", tercera poza de estudio en el sector de 28 de julio.</p>
	<p data-bbox="986 1223 1094 1251">FOTO 6</p> <p data-bbox="783 1302 1302 1395">Poza de estudio denominado "MARIPOSA", cuarta poza de estudio en el sector de 28 de julio.</p>




Imagen	Descripción
	<p style="text-align: center;">FOTO 7</p> <p>Poza estudio denominado "CHONTA", quinta poza de estudio en el sector de 28 de Julio de la comunidad nativa de Tres Islas.</p>
	<p style="text-align: center;">FOTO 8</p> <p>Poza estudio denominado "GIGANTE", sexta poza de estudio en el sector de 28 de Julio de la comunidad nativa de Tres Islas.</p>
	<p style="text-align: center;">FOTO 9</p> <p>Materiales de trabajo de campo, listo para tomar muestras de agua y sedimento.</p>



Imagen	Descripción
	<p style="text-align: center;">FOTO 10</p> <p>Toma de muestras de agua para metales pesados</p>
	<p style="text-align: center;">FOTO 11</p> <p>Obtención de muestra de agua, transvasando al envase para su análisis respectivo</p>
	<p style="text-align: center;">FOTO 12</p> <p>Procedimiento para la toma de muestras de sedimento para metales pesados.</p>
	<p style="text-align: center;">FOTO 13</p> <p>Tomando muestra de sedimento del muestreador para el envase.</p>


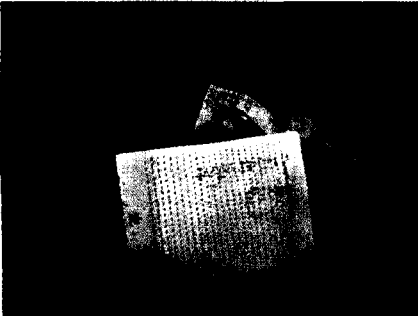




Imagen	Descripción
	<p>FOTO 14</p> <p>Tomando nota de hora de la obtención de muestras.</p>
	<p>FOTO 15</p> <p>Equipo sonda para la toma de parámetros del agua.</p>
	<p>FOTO 16</p> <p>Obtención de la muestra de plancton</p>
	<p>FOTO 17</p> <p>Procedimiento para la obtención de Bentos</p>

Imagen	Descripción
	<p data-bbox="1066 394 1190 427">FOTO 18</p> <p data-bbox="927 456 1334 539">Transvasando la muestras de Bentos al envase</p>
	<p data-bbox="1066 887 1190 920">FOTO 19</p> <p data-bbox="927 949 1334 1032">Equipo para evaluar los parámetros del agua</p>

Anexo 3. Cuadro de Norma Peruana aplicable para calidad de agua en ríos de selva (D.S. N° 002-2008-MINAM).

CATEGORÍA 4: CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO

PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RÍOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
FÍSICOS Y QUÍMICOS						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08
Temperatura	Celsius					delta 3 °C
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
pH	unidad	6,5-8,5	6,5-8,5		6,8-8,5	6,8-8,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos Suspensos Totales	mg/L	≤25	≤25 - 100	≤25 - 400	≤25-100	30,00
INORGÁNICOS						
Arsénico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	—
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022	0,022	0,022	—
Clorofila A	mg/L	10	—	—	—	—
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	
Fosfatos Total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,031 - 0,093
Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales	Ausente				Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001
Nitratos (N-NO3)	mg/L	5	10	10	10	0,07 - 0,28
INORGÁNICOS						
Nitrógeno Total	mg/L	1,5	1,5		—	—
Níquel	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,002	0,0082
Plomo	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,0081	0,0081
Silicatos	mg/L	—	—	—	—	0,14-0,7
Sulfuro de Hidrógeno (H2S indisoluble)	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,06
Zinc	mg/L	0,03	0,03	0,3	0,03	0,081
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes Termotolerantes	(NMP/100mL)	1 000	2 000		1 000	≤30
Coliformes Totales	(NMP/100mL)	2 000	3 000		2 000	

OTA: Aquellos parámetros que no tienen valor asignado se debe reportar cuando se dispone de análisis
 ureza: Medir "dureza" del agua muestreada para contribuir en la interpretación de los datos (método/técnica recomendada: APHA-AWWA-WPCF 2340C)
 itrógeno total: Equivalente a la suma del nitrógeno Kjeldahl total (Nitrógeno orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrato (NO)
 monio: Como NH3 no ionizado

MP/100 mL: Número más probable de 100 mL

ausente: No deben estar presentes a concentraciones que sean detectables por olor, que afecten a los organismos acuáticos comestibles, que puedan formar depósitos de sedimentos en las orillas o en el fondo, que puedan ser detectados como películas visibles en la superficie o que sean nocivos a los organismos acuáticos presentes.

Anexo 4. Imagen de cuadro de la Agencia para la Protección Ambiental (USEPA) aplicables para calidad de agua.

Water Quality Criteria Summary

Note: This chart is for general information, please use criteria documents or detailed summaries in "Quality Criteria for Water 1985" for regulatory purposes.

	Priority Pollutant	Carcinogen	CONCENTRATIONS IN µg/L				UNITS PER LITER			Date Reference	# of States With Aquatic Life Standard	
			Fresh Acute Criteria	Fresh Chronic Criteria	Marine Acute Criteria	Marine Chronic Criteria	Water and Fish Ingestion	Fish Consumption Only	Drinking Water M.C.L.			
BENE	Y	N	*1,700	*520	*970	*710				1980 FR	1	
TRILE	Y	N	*88	*21	*66		320 µg 0.064 µg**	780 µg 0.65 µg**		1980 FR	1	
Y	Y	Y	3.0	20,000	1.3		0.074 ng**	0.078 ng**		1980 FR	18	
	N	N	CRITERIA ARE pH AND TEMPERATURE DEPENDENT—SEE DOCUMENT								1976 RB	24
MENT)	Y	N	*9,000	*1,600			146 µg 2.2 ng**	45,000 µg 17.5 ng**	0.05 mg	1980 FR	1	
	Y	Y	*850	*48	*2,318	*13				1980 FR	21	
TR)	Y	Y	380	180	88	26				1986 FR	21	
	N	N	FOR PRIMARY RECREATION AND SHELLFISH USES—SEE DOCUMENT								<1/100 ml	1986 FR
	N	N					1 mg 0.66 µg**	40 µg**	1.0 mg	1976 RB	8	
	Y	Y	*5,300		*5,100	*700	0.12 ng**	0.53 ng**		1980 FR	1	
	Y	Y								1980 FR	6	
	Y	N	*130	*5.3			6.8 ng**	117 ng**		1980 FR	8	
ETRACHLORIDE	Y	N	*100		*0.34		10 µg		0.010 mg	1980 FR	21	
	Y	N	3.9 +	1.1 +	43	9.3				1985 FR	1	
IED BENZENES	Y	Y	*35,200		*50,000		0.4 µg**	6.84 µg**		1980 FR	1	
	Y	Y	2.4	0.0043	0.09	0.004	0.46 ng**	0.48 ng**		1980 FR	12	
TED NAPHTHALENES	Y	Y	*250	*50	*180	*129				1980 FR	1	
	N	N	*1,800		*7.5					1980 FR	1	
XYL ETHERS	Y	N	19	11	13	7.5				1985 FR	21	
	Y	N	*238,000							1980 FR	1	
XYL ETHER (MS-2)	Y	Y					0.03 µg**	1.36 µg**		1980 FR	1	
	Y	Y	*28,800	*1,240			0.19 µg**	18.7 µg**		1980 FR	1	
OPROPYL ETHER (MS-2)	Y	N					24.7 µg	4.36 mg		1980 FR	1	
	N	N					0.00000376 mg**	0.00184 µg**		1980 FR	1	
ETHYL ETHER (MS)	N	Y								1980 FR	1	
ENOL 2	Y	N	*4,380	*2,000						1980 FR	1	
ENOL 4	N	N			*29,700					1980 FR	1	
ENOXY HERBICIDES (2,4,5-TP)	N	N					10 µg			1980 FR	7	
	N	N					100 µg			1976 RB	7	
ENOXY HERBICIDES (2,4-D)	N	N								1985 FR	1	
	N	N	0.083	0.041	0.011	0.0056				1985 FR	1	
METHYL-PHENOL	N	N	*30							1980 FR	1	
	Y	N	16	11	1,100	30	50 µg	3,433 mg	0.05 mg	1985 FR	24	
I (MEX)	Y	N	1,700 +	210 +	*10,300		178 mg		0.05 mg	1985 FR	24	
	N	N	NARRATIVE STATEMENT—SEE DOCUMENT									1976 RB
I (TR)	Y	N	18 +	12 +	2.9	2.8				1985 FR	23	
	Y	N	22	5.2	1	1	200 µg			1985 FR	23	
IOLITE (DOE)	Y	Y	1.1	0.001	0.13	0.001	0.024 ng**	0.024 ng**		1980 FR	18	
	Y	Y	*1,050		*14					1980 FR	18	
IOLITE (TDE)	Y	Y	*0.08		*3.8					1980 FR	18	
	Y	N		0.1		0.1				1976 RB	1	
YTHALATE	Y	N					35 mg	154 mg		1980 FR	1	
	Y	N					400 µg	2.8 mg		1980 FR	1	
BENZENE	Y	N	*1,120	*763	*1,970					1980 FR	1	
	Y	Y					0.01 µg**	0.020 µg**		1980 FR	1	
BENZENE 1,2	Y	Y					0.04 µg**	243 µg**		1980 FR	1	
	Y	Y	*118,000	*20,000	*113,000		0.033 µg**	1.85 µg**		1980 FR	1	
ETHYLENES	Y	Y								1980 FR	1	
	Y	Y								1980 FR	1	
PHENOL 2,4	N	N	*2,020	*385			3.08 mg			1980 FR	1	
	Y	N	*23,000	*5,700	*10,300	*3,040				1980 FR	1	
PROPANE	Y	N	*6,080	*244	*780		87 µg	14.1 mg		1980 FR	1	
	Y	Y								1980 FR	1	
YTHALATE	Y	Y	2.5	0.0019	0.71	.0019	0.071 ng**	0.078 ng**		1980 FR	18	
	Y	N					350 mg	1.8 g		1980 FR	18	
PHENOL 2,4	Y	N	*2,120							1980 FR	18	
	Y	N								1980 FR	18	
YTHALATE	Y	N					313 mg	2.8 g		1980 FR	18	
	N	Y					0.11 µg**	9.1 µg**		1980 FR	18	
LUENE 2,4	Y	N					70 µg	14.3 mg		1980 FR	18	
	Y	N								1980 FR	18	
LUENE	N	Y	*330	*230	*380	*370				1980 FR	1	
	Y	N					13.4 µg	785 µg		1980 FR	1	
CRESOL 2,4	Y	N					0.000013 ng**	0.000014 ng**		1984 FR	1	
	Y	Y	*0.81	*0.00001						1984 FR	1	
7,8-TCDD)	Y	Y								1980 FR	1	
	Y	N	*270				42 ng**	0.56 µg**		1980 FR	1	
HYDRAZINE	Y	N								1980 FR	1	
	Y	N								1980 FR	1	
HYDRAZINE 1,2	Y	N								1980 FR	1	
	Y	N					15 mg	50 mg		1980 FR	1	
MEXYL PHTHALATE	Y	N								1980 FR	1	
	Y	N								1980 FR	1	

N	Y	N	0.22	0.096	0.034	0.0087	74.µg	159.µg		1980 FR	10
ENE	Y	N	0.18	0.0023	0.037	0.0023	1.µg	1.µg		1980 FR	18
AL DISSOLVED	Y	N	*32,000.		*40.	*16.	42.µg	54.µg	0.0002mg	1980 FR	1
	N	N	NARRATIVE STATEMENT—SEE DOCUMENT							1978 RB	1
	N	N		0.01		0.01				1978 RB	8
B	Y	N	*380.	*122.						1980 FR	
NES	Y	Y	*11,000.		*12,000	*6,400.	0.19µg**	15.7µg**		1980 FR	
R	Y	Y	0.52	0.0038	0.053	0.0038	0.29ng**	0.29ng**		1980 FR	12
ETHANE	N	Y	*90.	*540.	*940.		1.9µg	0.74µg		1980 FR	1
BENZENE	Y	Y					0.72ng**	0.74ng**		1980 FR	
OBUTADIENE	Y	Y	*90.	*9.3	*32.		0.45µg**	50.µg**		1980 FR	2
OCYCLOHEXANE (LINDANE)	Y	Y	2.0	0.08	0.16				0.004mg	1980 FR	12
OCYCLOHEXANE—ALPHA	Y	Y					9.2ng**	31.1ng**		1980 FR	
OCYCLOHEXANE—BETA	Y	Y					16.3ng**	54.7ng**		1980 FR	
OCYCLOHEXANE—GAMA	Y	Y					16.9ng**	62.5ng**		1980 FR	
OCYCLOHEXANE—TECHNICAL	Y	Y					12.3ng**	41.4ng**		1980 FR	
OCYCLOPENTADIENE	Y	N	7.	*5.2	7.		205.µg			1980 FR	3
	N	N		1,000.			0.3mg			1978 RB	18
E	Y	N	*117,000.		*12,900.		5.2mg	630.mg		1980 FR	
	Y	N	62.+	3.2+	140.	5.8	90.µg		0.06mg	1985 FR	20
	N	N		0.1		0.1				1978 RB	7
	N	N					30.µg	100.µg		1978 RB	7
	Y	N	2.4.	0.012	2.1	0.025	144.ng	148.ng	0.002mg	1985 FR	17
LOR	N	N		0.03		0.03	100.µg		0.1mg	1978 RB	12
MOBENZENE	N	N		0.001		0.001				1978 RB	7
	Y	N					495.µg			1980 FR	
NE	Y	N	*2,300.	*620.	*2,350.					1980 FR	1
	Y	N	1,400.+	180+	75	8.5	13.4µg	100.µg		1980 FR	10
	N	N					10.mg		10.mg	1978 RB	5
DIE	Y	N	*27,000.		*6,980.		18.8mg			1980 FR	1
XLS	Y	N	*230.	*150.	*4,850.					1980 FR	1
ES	Y	Y	*5,850.		*3,300,000					1980 FR	1
UTYLAMINE N	Y	Y					6.4ng**	587.ng**		1980 FR	
TYLAMINE N	Y	Y					0.8ng**	1,240.ng**		1980 FR	
ETHYLAMINE N	Y	Y					1.4ng**	18,000.ng**		1980 FR	
HEPTYLAMINE N	Y	Y					4,900.ng**	18,100.ng**		1980 FR	
PROLINE N	Y	Y					16.ng**	91,800.ng**		1980 FR	
ASE	N	N	NARRATIVE STATEMENT—SEE DOCUMENT							1978 RB	56
SOLVED	N	N	WARMWATER AND COLDWATER CRITERIA MATRIX—SEE DOCUMENT							1986 FR	56
	N	N	0.065	0.013						1986 FR	8
	Y	Y	2.0	0.014	10	0.03	0.079ng**	0.079ng**		1980 FR	18
FINATED ETHANES	N	N	*7,240.	*1,100.	*380.	*261.				1980 FR	1
ROBENZENE	N	N					74.µg	85.µg		1980 FR	
ROPHENOL	Y	N	*20.	*13.	13.	*7.9	1.91mg			1986 FR	2
	N	N		8.5-9		8.5-8.5				1978 RB	56
S ELEMENTAL	Y	N	*10,200.	*2,580.	*5,800.		3.5mg			1980 FR	23
	N	N								1978 RB	
ESTERS	Y	N	*940.	*3.	*2,944.	*3.4				1980 FR	6
AR AROMATIC HYDROCARBONS	Y	Y			*300.		2.8ng**	31.1ng**		1980 FR	1
	Y	N	280.	35.	410.	54.	10.µg		0.01mg	1980 FR	15
	Y	N	4.1+	0.12	2.3		50.µg		0.06mg	1980 FR	14
OLVED AND SALINITY	N	N					250.mg			1978 RB	56
ENDED AND TURBIDITY	N	N	NARRATIVE STATEMENT—SEE DOCUMENT							1978 RB	44
ROGEN SULFIDE	N	N		2.		2.				1978 RB	
RE	N	N	SPECIES DEPENDENT CRITERIA—SEE DOCUMENT							1978 RB	86
FINATED ETHANES	Y	N	*9,320.							1980 FR	
ROBENZENE 1,2,4,5	Y	N					36.µg	48.µg		1980 FR	
ROETHANE 1,1,2,2	Y	Y		*2,400.	*9,020.		0.17µg**	10.7µg**		1980 FR	1
ROETHANES	Y	N	*9,320.							1980 FR	1
ROETHYLENE	Y	Y	*5,280.	*840.	*10,200.	*450.	0.8µg**	8.85µg**		1980 FR	1
ROPHENOL 2,3,4,7	Y	N	*1,400.	*40.	*2,130.	*440.	13.µg	48.µg		1980 FR	2
	Y	N	*17,500.		*8,300.	*5,800.	14.3mg	424.mg		1980 FR	1
	Y	Y	0.73	0.0002	0.21	0.0002	0.71ng**	0.73ng**	0.005mg	1986 FR	17
	Y	Y	*18,000.							1980 FR	
ATED ETHANES	Y	N			*31,200.		18.4mg	1.03g		1980 FR	1
ETHANE 1,1,1	Y	Y		*9,400.			0.6µg**	41.8µg**		1980 FR	1
ETHANE 1,1,2	Y	Y	*45,000.	*21,800.	*2,000.		2.7µg**	80.7µg**		1980 FR	1
ETHYLENE	Y	Y								1980 FR	
PHENOL 2,4,6	N	N					2,800.µg			1980 FR	
PHENOL 2,4,6	Y	Y		*970.			1.2µg**	3.8µg**		1980 FR	
ODE	Y	Y					2.µg**	525.µg**		1980 FR	
	Y	N	120.+	110+	86	86				1987 FR	18

g = grams
 mg = milligrams
 µg = micrograms
 ng = nanograms

M.C.L. - MAXIMUM
 CONTAMINANT LEVEL

Y = YES
 N = NO

+ = Hardness Dependent Criteria (100 mg/L used)

* = Insufficient Data to Develop Criteria.
 Value Presented is the L.O.E.L. - Lowest Observed Effect Level.

** = Human Health Criteria For Carcinogens Reported For Three
 Risk Levels. Value Presented is the 10-6 Risk Level.

** = pH Dependent Criteria (7.8 pH used)

FR = FEDERAL REGISTER
 RB = QUALITY CRITERIA
 FOR WATER, 1978
 (REDBOOK)

Anexo 5. Clases de calidad de agua, valores BMWP y colores para representaciones cartográficas.

Clase	Calidad	BMWP'	Significado	Color
I	Buena	> 150 101-120	Aguas muy limpias Aguas no contaminadas o poco alteradas	Azul
II	Aceptable	61-100	Se evidencian efectos de la contaminación	Verde
III	Dudosa	36-60	Agüas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas situación crítica	Rojo

Fuente: (Roldán, 2003)

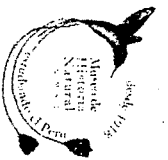
Anexo 6. Resultados de análisis de metales pesados y Bioindicadores.

LISTA DE ESPECIES Y SU DISTRIBUCION EN EL ENTORNO (organismos/mi)

DIVISION/PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PT6	
BACILLARIOPHYTA	BACILLARIOPHYCEAE	BACILLARIALES	BACILLARIACEAE	<i>Nitzschia sp.</i>	200	200	200				
			CYMBELLALES	CYMBELLACEAE	<i>Encyonema cf. silesiacum</i>				200		
			EUNOTIALES	EUNOTIACEAE	<i>Eunotia cf. zygodon</i>						200
					<i>Eunotia pectinatis</i>						200
					<i>Eunotia sp.</i>		200			200	
			NAVICULALES	AMPHIPLEURACEAE	<i>Frustulia rhomboides</i>					200	
				PINNULARIACEAE	<i>Pinnularia cf. cardinalis</i>			200			
					<i>Pinnularia sp.</i>						200
					<i>Hyalotheca sp.</i>					200	
		CHAROPHYTA	CONJUGOPHYCEAE	ZYGNEMATALES	DESMIDIACEAE	<i>Spirogyra sp.</i>		200			
CHLOROPHYTA	CHLOROPHYCEAE	SPHAEROPLEALES	SELENASTRACEAE	<i>Selenastrum sp.</i>			200				
		OEDOGONIALES	OEDOGOMIACEAE	<i>Oedogonium sp.</i>	200	200					
		CHLAMYDOMONADALES	VOLVOCEAE	<i>Eudorina elegans</i>	200				200		
CYANOPHYCOTA	CYANOPHYCEAE	OSCILLATORIALES	AMMATOIDEACEAE	<i>Pandorina aorinum</i>		400	200	200	200	200	
				<i>Homoeothrix sp.</i>	200						
			PSEUDANABAENACEAE	<i>Heteroleibleinia sp.</i>	200						
EUGLENOPHYCOTA	EUGLENOPHYCEAE	EUGLENALES	EUGLENACEAE	<i>Pseudanabaena sp.</i>				200			
				<i>Euglena acus</i>	200	200	200	200	600	400	
				<i>Euglena sp.</i>			200		200		
				<i>Lepocinclis sp.</i>	200	200		1000	1200	1200	
				<i>Phacus longicauda</i>	200			600	800		
				<i>Phacus orbicularis</i>	200	200	400	400	200	200	
				<i>Phacus sp.</i>	200	400	200	200		600	
				<i>Phacus tortus</i>	200			400	200		
				<i>Strombomonas sp1.</i>	200				200	200	
				<i>Strombomonas sp2.</i>		200		200			
				<i>Strombomonas sp3.</i>		200					
				<i>Trachelomonas armata</i>	600	200	400	200	400	400	
				<i>Trachelomonas cf. oblonga</i>	200	200			2600		
				<i>Trachelomonas cf. similis</i>	400	200	600	1000	600		
				<i>Trachelomonas cf. volvocina</i>	19800	1000	3400	2400	2400	600	
				<i>Trachelomonas ensifera</i>			200				
				<i>Trachelomonas globularis</i>	600	200					
<i>Trachelomonas hispida</i>	600	200	400	600	1000						
<i>Trachelomonas sp1.</i>		200									
<i>Trachelomonas sp2.</i>		200									
<i>Trachelomonas sp3.</i>						400					
DINOPHYTA	DINOPHYCEAE	PERIDINIALES	PERIDINIACEAE	<i>Peridinium sp.</i>		200	200	600	200		
FITOPLANCTON				38	21600	5200	7000	8400	11600	4800	
ARTHROPODA	COPEPODA	CYCLOPOIDA	CYCLOPIDAE	copepodito		200					
				<i>Mesocyclops sp.</i>					200		
				<i>Microcyclops sp.</i>	200		400			400	
				<i>Thermocyclops minutus</i>			400	200			
		CALANOIDA	INDETERMINADO	nauplio			200			200	
	BRANCHIOPODA	CLADOCERA	MACROTHRICIDAE	<i>Macrothrix sp.</i>	200	200	200	200			
			CHYDORIDAE	<i>Afona sp.</i>			200				
				<i>Chydorus sphaericus</i>			200				
			BOSMINIDAE	<i>Bosmina longirostris</i>					200		
LOBOSA	TESTACEALOBOSA	ARCELLINIDA	ARCELLIDAE	<i>Arcella gibbosa</i>			200				
				<i>Arcella hemisphaerica</i>	200		200				
			CENTROPYXIDAE	<i>Centropyxis aculeata</i>				200			
				<i>Centropyxis constricta</i>			200			200	
ROTIFERA	DIGONONTA	BDELLOIDEA	INDETERMINADO	bdelloidea		200	200				
	MONOGONONTA	PLOIMA	FILINIDAE	<i>Filinia sp.</i>		200					
			LECANIDAE	<i>Lecane sp1.</i>	200						
				<i>Lecane sp2.</i>	200					200	
			TRICHOCERCIDAE	<i>Trichocerca sp.</i>	400	200	200				



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





			SYNCHAETIDAE	<i>Polyarthra sp.</i>	400	200			200		
			BRACHIONIDAE	<i>Brachionus patulus</i>			200	200			
			ASPLANCHNIDAE	<i>Asplanchna sp.</i>						200	
CILIOPHORA	CILIATEA	PERITRICHIDA	VORTICELLIDAE	<i>Vorticella sp.</i>				200			
ZOOPLANCTON					22	1800	1200	2800	1000	600	1200
PLANCTON					60	26400	6400	9800	9400	12200	6000

INDICES DE DIVERSIDAD DE FITOPLANCTON

ESTACION	NUMERO DE ESPECIES	ABUNDANCIA (nºcélulas/ml)	RIQUEZA DE MARGALEF d	EQUIDAD DE PIELOU J'	DIVERSIDAD DE SHANNON H'	DOMINANCI A DE SIMPSON 1-D
PT1	18	24600	1.68	0.35	1.47	0.35
PT2	20	5200	2.22	0.95	4.10	0.93
PT3	14	7000	1.47	0.75	2.84	0.74
PT4	15	8400	1.55	0.87	3.38	0.87
PT5	18	11600	1.82	0.84	3.48	0.87
PT6	12	4800	1.30	0.92	3.29	0.88

INDICES DE DIVERSIDAD DE ZOOPLANCTON

ESTACION	NUMERO DE ESPECIES	ABUNDANCIA (nºcélulas/ml)	RIQUEZA DE MARGALEF d	EQUIDAD DE PIELOU J'	DIVERSIDAD DE SHANNON H'	DOMINANCI A DE SIMPSON 1-D
PT1	7	1800	0.80	0.97	2.73	0.84
PT2	6	1200	0.71	1.00	2.58	0.83
PT3	12	2800	1.39	0.98	3.52	0.91
PT4	5	1000	0.58	1.00	2.32	0.80
PT5	3	600	0.31	1.00	1.58	0.67
PT6	5	1200	0.56	0.97	2.25	0.78

Diana López R.



INFORME DE ENSAYO N° 085533-2014 CON VALOR OFICIAL

RAZÓN SOCIAL : AS CIV SIN FINES LUCRO SERV EDU HUARAYO

DOMICILIO LEGAL : CAL. FRANCISCO BOLOGNESI NRO. S/N CAS. MAZUCO (ALBERGUE JUVENIL DE MAZUCO)

: MADRE DE DIOS - TAMBOPATA - INAMBARÍ

SOLICITADO POR : SR. JULIO MANUEL ARAUJO FLORE

REFERENCIA : EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN CUERPOS DE AGUA

: DEJADOS POR LA MINERÍA AURÍFERA EN LA COMUNIDAD NATIVA DE TRES DEL DEPARTAMENTO

: DE MADRE DE DIOS

PROCEDENCIA : LOCALIDAD DE TRES ISLAS / DISTRITO DE TAMBOPATA / PROVINCIA DE TAMBOPATA

: DEPARTAMENTO DE MADRE DE DIOS

FECHA DE RECEPCIÓN : 2014-12-16


FECHA DE INICIO DE ENSAYOS : 2014-12-16

MUESTREADO POR : EL CLIENTE

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

AGUA			
Ensayo	Método	L.C	Unidades
Metales totales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Silice(SiO ₂), Plata, Sodio, Estroncio, Talio, Estaño, titanio, Vanadio, Zinc).	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994	---	mg/L
SUELO			
Ensayo	Método	L.C	Unidades
Metales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Plata, Sodio, Estroncio, Talio, Estaño, titanio, Vanadio, Zinc).	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994	---	mg/kg

..C.: límite de cuantificación.


 Quím. Belbeth Y. Fajardo León
 Director Técnico
 C.Q.P. N° 648
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO N° 085533-2014
 CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada	Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo	2014-11-27	2014-11-27	2014-11-27
Hora de inicio de muestreo (h)	09:15	09:35	10:00
Coordenadas	0455858E 8613333N	0455844E 8613374N	0455827E 8613413N
Condiciones de la muestra	Preservada y Refrigerada	Preservada y Refrigerada	Preservada y Refrigerada
Código del Cliente	TOPA / Orilla A	TOPA / Medio	TOPA / Orilla B
Código del Laboratorio	14121328	14121329	14121330
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
Metales totales			
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	1.94
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.002
Boro (B)	0.002	mg/L	<0.002
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.059
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	10.04
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	0.0005
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.008
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	0.0024
Cromo (Cr)	0.0005	mg/L	0.0029
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	0.0082
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	5.893
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001
Potasio (K)	0.04	mg/L	2.13
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.005
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	4.09
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.5938
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002
Sodio (Na)	0.02	mg/L	4.24
Níquel (Ni)	0.0005	mg/L	0.0012
Fósforo (P)	0.003	mg/L	0.159
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0043
Antimonio (Sb)	0.001	mg/L	<0.001
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003
Silicio (SiO ₂)	0.02	mg/L	33.64
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.084
Titanio (Ti)	0.0003	mg/L	0.0277
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	0.0053
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	0.016

L.D.M.: Límite de detección del método


 Quilm. Belbeth Y. Fajardo León
 Director Técnico
 C.Q.P. N° 648
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO N° 085533-2014
 CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado			Sedimento	Sedimento	Sedimento
Matriz analizada			Sedimento	Sedimento	Sedimento
Fecha de muestreo			2014-11-28	2014-11-28	2014-11-28
Hora de inicio de muestreo (h)			09:50	10:15	10:38
Coordenadas			0455957E	0455976E	0456002E
			8613369N	8613383N	8613387N
Condiciones de la muestra			Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente			PEDREGAL / Orilla A	PEDREGAL / Medio	PEDREGAL / Orilla B
Código del Laboratorio			14121313	14121314	14121315
Ensayo	unidades	L.D.M.	Resultados		
Metales					
Plata (Ag)	mg/kg	0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Aluminio (Al)	mg/kg	1.1	16251.1	16753.3	14602.4
Arsénico (As)	mg/kg	0.1	9.3	0.3	5.3
Boro (B)	mg/kg	0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Bario (Ba)	mg/kg	0.2	135.5	115.3	84.6
Berilio (Be)	mg/kg	0.02	1.33	0.98	1.05
Calcio (Ca)	mg/kg	2.4	1526.2	1312.3	801.6
Cadmio (Cd)	mg/kg	0.04	5.31	2.88	4.10
Cerio (Ce)	mg/kg	0.2	52.6	51.6	48.3
Cobalto (Co)	mg/kg	0.03	13.81	8.49	12.38
Cromo (Cr)	mg/kg	0.05	22.57	22.11	20.42
Cobre (Cu)	mg/kg	0.04	29.29	26.35	24.73
Hierro (Fe)	mg/kg	0.2	>20000	19018.6	>20000
Mercurio (Hg)	mg/kg	0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Potasio (K)	mg/kg	3.9	845	879	725
Litio (Li)	mg/kg	0.3	33.2	33.9	29.9
Magnesio (Mg)	mg/kg	2.3	5061.2	5297.4	4794.3
Manganeso (Mn)	mg/kg	0.04	805.69	258.68	423.42
Molibdeno (Mo)	mg/kg	0.2	0.4	<0.2	0.4
Sodio (Na)	mg/kg	2.3	72.9	102.1	75.5
Níquel (Ni)	mg/kg	0.05	21.42	19.87	19.27
Fósforo (P)	mg/kg	0.3	616.4	272.9	397.9
Plomo (Pb)	mg/kg	0.04	15.07	13.37	12.08
Antimonio (Sb)	mg/kg	0.1	0.5	0.2	0.4
Selenio (Se)	mg/kg	0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	mg/kg	0.1	1.2	0.9	1.1
Estroncio (Sr)	mg/kg	0.1	17.7	14.9	10.6
Titanio (Ti)	mg/kg	0.03	79.11	69.68	89.41
Talio (Tl)	mg/kg	0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Vanadio (V)	mg/kg	0.04	44.33	34.99	38.09
Zinc (Zn)	mg/kg	0.2	74.7	69.4	64.9

L.D.M.: Límite de detección del método

Resultados de sedimentos en base seca


 Quilm. Beribeth Y. Fajardo León
 Director Técnico
 C.Q.P. N° 648
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.



SERVICIOS ANALITICOS GENERALES S.A.C.

SAG

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INDECOPI - SNA
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE - 047

INFORME DE ENSAYO N° 085533-2014 CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado			Sedimento	Sedimento	Sedimento
Matriz analizada			Sedimento	Sedimento	Sedimento
Fecha de muestreo			2014-11-28	2014-11-28	2014-11-28
Hora de inicio de muestreo (h)			11:05	11:20	23:45
Coordenadas			0455688E	0455730E	0455754E
			8613488N	8613492N	8613515N
Condiciones de la muestra			Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente			GARZA / Orilla A	GARZA / Medio	GARZA / Orilla B
Código del Laboratorio			14121316	14121317	14121318
Ensayo	unidades	L.D.M.	Resultados		
Metales					
Plata (Ag)	mg/kg	0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Aluminio (Al)	mg/kg	1.1	13543.8	8286.0	14983.4
Arsénico (As)	mg/kg	0.1	3.8	1.3	2.2
Boro (B)	mg/kg	0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Bario (Ba)	mg/kg	0.2	115.6	57.9	142.1
Berilio (Be)	mg/kg	0.02	0.96	0.44	1.09
Calcio (Ca)	mg/kg	2.4	1136.8	807.7	1086.7
Cadmio (Cd)	mg/kg	0.04	3.69	2.50	3.94
Cerio (Ce)	mg/kg	0.2	47.3	34.5	50.6
Cobalto (Co)	mg/kg	0.03	11.64	8.96	11.95
Cromo (Cr)	mg/kg	0.05	20.06	13.65	20.64
Cobre (Cu)	mg/kg	0.04	29.49	14.20	30.33
Hierro (Fe)	mg/kg	0.2	>20000	16832.02	>20000
Mercurio (Hg)	mg/kg	0.10	<0.10	22.78	<0.10
Potasio (K)	mg/kg	3.9	802	520	883
Litio (Li)	mg/kg	0.3	28.8	19.6	28.1
Magnesio (Mg)	mg/kg	2.3	4532.4	2845.7	4253.3
Manganeso (Mn)	mg/kg	0.04	402.74	266.17	399.71
Molibdeno (Mo)	mg/kg	0.2	0.5	<0.2	0.4
Sodio (Na)	mg/kg	2.3	66.6	55.8	72.8
Níquel (Ni)	mg/kg	0.05	20.01	13.64	21.14
Fósforo (P)	mg/kg	0.3	443.4	288.0	410.1
Plomo (Pb)	mg/kg	0.04	12.10	7.48	14.08
Antimonio (Sb)	mg/kg	0.1	0.3	0.2	0.5
Selenio (Se)	mg/kg	0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	mg/kg	0.1	0.9	0.6	1.0
Estroncio (Sr)	mg/kg	0.1	13.3	7.6	14.7
Titanio (Ti)	mg/kg	0.03	90.59	112.43	64.86
Talio (Tl)	mg/kg	0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Vanadio (V)	mg/kg	0.04	36.36	24.76	36.90
Zinc (Zn)	mg/kg	0.2	66.6	41.3	66.1

L.D.M.: Límite de detección del método

Resultados de sedimentos en base seca

Quilm Belbeth Y. Fajardo León
Director Técnico
C.Q.P. N° 648
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO N° 085533-2014
CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-11-27	2014-11-27	2014-11-27
Hora de inicio de muestreo (h)			12:15	12:35	12:55
Coordenadas			0455616E	0455614E	0455647E
			8613521N	8613488N	8613473N
Condiciones de la muestra			Preservada y Refrigerada	Preservada y Refrigerada	Preservada y Refrigerada
Código del Cliente			MARIPOSA / Orilla A	MARIPOSA / Medio	MARIPOSA / Orilla B
Código del Laboratorio			14121337	14121338	14121339
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados		
Metales totales					
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	4.95	0.52	1.73
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.009	0.010	0.008
Boro (B)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.110	0.057	0.073
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	0.0005	<0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	7.09	6.79	7.26
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	0.0028	0.0013	0.0018
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.022	0.009	0.011
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	0.0096	0.0039	0.0065
Cromo (Cr)	0.0005	mg/L	0.0067	0.0013	0.0026
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	0.0184	0.0059	0.0086
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	22.999	11.065	14.813
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Potasio (K)	0.04	mg/L	2.08	1.80	1.91
Lítio (Li)	0.003	mg/L	0.011	<0.003	0.005
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	3.24	2.39	2.73
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.9443	0.8225	0.9031
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.02	mg/L	3.17	3.12	3.23
Níquel (Ni)	0.0005	mg/L	0.0079	0.0007	0.0034
Fósforo (P)	0.003	mg/L	0.503	0.231	0.330
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0101	0.0039	0.0055
Antimonio (Sb)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003
Silicio (SiO ₂)	0.02	mg/L	50.85	30.45	36.50
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.055	0.052	0.056
Titanio (Ti)	0.0003	mg/L	0.0385	0.0082	0.0187
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	0.0143	0.0028	0.0062
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	0.029	0.006	0.013

L.D.M.: Límite de detección del método


Quim. Belbeth Y. Fajardo León
Director Técnico
C.Q.P. N° 648
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO N° 085533-2014
 CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-11-27	2014-11-27	2014-11-27
Hora de inicio de muestreo (h)			13:25	13:45	14:05
Coordenadas			0455667E	0455535E	0455483E
			8613610N	8613589N	8613635N
Condiciones de la muestra			Preservada y Refrigerada	Preservada y Refrigerada	Preservada y Refrigerada
Código del Cliente			CHONTA / Orilla A	CHONTA / Medio	CHONTA / Orilla B
Código del Laboratorio			14121340	14121341	14121342
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados		
Metales totales					
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	9.86	2.70	2.59
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.086	0.033	0.020
Boro (B)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.265	0.141	0.144
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	0.0009	0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	7.93	6.22	6.33
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	0.0110	0.0049	0.0032
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.047	0.018	0.017
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	0.0138	0.0069	0.0064
Cromo (Cr)	0.0005	mg/L	0.0130	0.0041	0.0040
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	0.0259	0.0086	0.0082
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	77.923	38.165	25.806
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Potasio (K)	0.04	mg/L	2.29	1.73	1.84
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.021	0.006	0.006
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	4.57	2.91	2.76
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	1.3588	0.9466	1.1152
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.02	mg/L	4.19	3.09	3.29
Níquel (Ni)	0.0005	mg/L	0.0122	0.0024	0.0019
Fósforo (P)	0.003	mg/L	2.690	1.030	0.693
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0197	0.0086	0.0079
Antimonio (Sb)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003
Silicio (SiO ₂)	0.02	mg/L	88.21	43.49	41.45
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	0.001	<0.001	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.071	0.054	0.057
Titanio (Ti)	0.0003	mg/L	0.0510	0.0262	0.0294
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	0.0257	0.0092	0.0072
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	0.062	0.020	0.018

L.D.M.: Límite de detección del método


 Quím. Belbeth Y. Fajardo León
 Director Técnico
 C.Q.P. N° 648
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO N° 085533-2014
CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada			Agua Superficial	Agua Superficial	Agua Superficial
Fecha de muestreo			2014-11-27	2014-11-27	2014-11-27
Hora de inicio de muestreo (h)			14:35	14:45	15:10
Coordenadas			0455485E	0455455E	0455420E
			8613746N	8613830N	8613931N
Condiciones de la muestra			Preservada y Refrigerada	Preservada y Refrigerada	Preservada y Refrigerada
Código del Cliente			GIGANTE / Orilla A	GIGANTE / Medio	GIGANTE / Orilla B
Código del Laboratorio			14121343	14121344	14121345
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados		
Metales totales					
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	0.32	6.34	1.30
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.009	0.071	0.010
Boro (B)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.051	0.342	0.068
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002	0.0008	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	4.96	7.09	5.16
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	0.0011	0.0113	0.0017
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.004	0.044	0.009
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	0.0024	0.0175	0.0047
Cromo (Cr)	0.0005	mg/L	0.0009	0.0082	0.0022
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	0.0018	0.0165	0.0043
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	8.940	83.637	15.172
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Potasio (K)	0.04	mg/L	1.57	1.93	1.58
Litio (Li)	0.003	mg/L	<0.003	0.014	0.004
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	2.34	3.46	2.40
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	0.6101	2.2909	0.7104
Moibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.02	mg/L	3.49	3.15	2.89
Niquel (Ni)	0.0005	mg/L	<0.0005	0.0075	0.0009
Fosforo (P)	0.003	mg/L	0.246	2.553	0.407
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0030	0.0152	0.0050
Antimonio (Sb)	0.001	mg/L	<0.001	0.001	<0.001
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	0.02	mg/L	29.44	62.91	33.11
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001
Rodante (Sr)	0.001	mg/L	0.046	0.069	0.045
Titanio (Ti)	0.0003	mg/L	0.0058	0.0428	0.0184
Torio (Th)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	0.0016	0.0209	0.0049
Cinc (Zn)	0.002	mg/L	0.004	0.045	0.008

L.D.M.: Límite de detección del método

Quilma Belbeth Y. Fajardo León
Director Técnico
C.Q.P. N° 648
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO N° 085533-2014
CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Superficial		
Matriz analizada	Agua Superficial		
Fecha de muestreo	2014-11-27	2014-11-27	2014-11-27
Hora de inicio de muestreo (h)	10:25	10:40	11:00
Coordenadas	0455957E	0455976E	0456002E
	8613369N	8613383N	8613387N
Condiciones de la muestra	Preservada y Refrigerada	Preservada y Refrigerada	Preservada y Refrigerada
Código del Cliente	PEDREGAL / Orilla A	PEDREGAL / Medio	PEDREGAL / Orilla B
Código del Laboratorio	14121331	14121332	14121333
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
Metales totales			
Plata (Ag)	0.0005	mg/L	<0.0005
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	1.32
Arsénico (As)	0.001	mg/L	0.015
Boro (B)	0.002	mg/L	<0.002
Bario (Ba)	0.002	mg/L	0.059
Berilio (Be)	0.0002	mg/L	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	mg/L	9.04
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	0.0013
Cerio (Ce)	0.002	mg/L	0.008
Cobalto (Co)	0.0003	mg/L	0.0040
Cromo (Cr)	0.0005	mg/L	0.0022
Cobre (Cu)	0.0004	mg/L	0.0045
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	13.083
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.001
Potasio (K)	0.04	mg/L	1.82
Litio (Li)	0.003	mg/L	0.003
Magnesio (Mg)	0.02	mg/L	3.09
Manganeso (Mn)	0.0004	mg/L	1.2659
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.002
Sodio (Na)	0.02	mg/L	3.83
Níquel (Ni)	0.0005	mg/L	<0.0005
Fósforo (P)	0.003	mg/L	0.223
Plomo (Pb)	0.0004	mg/L	0.0046
Antimonio (Sb)	0.001	mg/L	<0.001
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.003
Silicio (SiO ₂)	0.02	mg/L	31.80
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.001
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	0.064
Titanio (Ti)	0.0003	mg/L	0.0179
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.003
Vanadio (V)	0.0004	mg/L	0.0050
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	0.020

L.D.M.: Límite de detección del método


Quilm. Belbeth Y. Fajardo León
Director Técnico
C.Q.P. N° 648
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO N° 085533-2014
 CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado			Sedimento	Sedimento	Sedimento
Matriz analizada			Sedimento	Sedimento	Sedimento
Fecha de muestreo			2014-11-28	2014-11-28	2014-11-28
Hora de Inicio de muestreo (h)			08:05	08:30	09:15
Coordenadas			0455858E 8613333N	0455844E 8613374N	0455827E 8613413N
Condiciones de la muestra			Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente			TOPA / Orilla A	TOPA / Medio	TOPA / Orilla B
Código del Laboratorio			14121310	14121311	14121312
Ensayo	unidades	L.D.M.	Resultados		
Metales					
Plata (Ag)	mg/kg	0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Aluminio (Al)	mg/kg	1.1	6265.1	7332.4	16703.0
Arsénico (As)	mg/kg	0.1	1.6	2.1	4.1
Boro (B)	mg/kg	0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Bario (Ba)	mg/kg	0.2	44.1	51.2	150.8
Berilio (Be)	mg/kg	0.02	0.26	0.39	1.24
Calcio (Ca)	mg/kg	2.4	733.4	703.1	1678.3
Cadmio (Cd)	mg/kg	0.04	2.28	2.33	4.45
Cerio (Ce)	mg/kg	0.2	28.7	29.0	56.8
Cobalto (Co)	mg/kg	0.03	7.92	8.10	12.51
Cromo (Cr)	mg/kg	0.05	11.55	11.97	23.33
Cobre (Cu)	mg/kg	0.04	9.78	11.95	38.24
Hierro (Fe)	mg/kg	0.2	14860.4	15133.7	>20000
Mercurio (Hg)	mg/kg	0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Potasio (K)	mg/kg	3.9	447	479	968
Litio (Li)	mg/kg	0.3	16.9	18.2	30.9
Magnesio (Mg)	mg/kg	2.3	2671.8	2829.0	5272.8
Manganeso (Mn)	mg/kg	0.04	218.09	241.06	494.23
Molibdeno (Mo)	mg/kg	0.2	<0.2	<0.2	0.4
Sodio (Na)	mg/kg	2.3	29.8	30.0	92.5
Níquel (Ni)	mg/kg	0.05	12.29	12.69	23.34
Fósforo (P)	mg/kg	0.3	286.3	277.8	495.2
Plomo (Pb)	mg/kg	0.04	5.79	6.56	14.99
Antimonio (Sb)	mg/kg	0.1	<0.1	0.2	0.6
Selenio (Se)	mg/kg	0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	mg/kg	0.1	0.5	0.6	1.2
Estroncio (Sr)	mg/kg	0.1	6.2	6.8	20.6
Titanio (Ti)	mg/kg	0.03	173.53	125.69	62.50
Talio (Tl)	mg/kg	0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Vanadio (V)	mg/kg	0.04	21.22	20.99	41.13
Zinc (Zn)	mg/kg	0.2	52.8	44.0	78.8

L.D.M.: Límite de detección del método

Resultados de sedimentos en base seca

Quím. Belbeth Y. Fajardo León
 Director Técnico
 C.Q.P. N° 648
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO N° 085533-2014
 CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado			Sedimento	Sedimento	Sedimento
Matriz analizada			Sedimento	Sedimento	Sedimento
Fecha de muestreo			2014-11-28	2014-11-28	2014-11-28
Hora de inicio de muestreo (h)			11:05	11:20	23:45
Coordenadas			0455688E 8613488N	0455730E 8613492N	0455754E 8613515N
Condiciones de la muestra			Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente			GARZA / Orilla A	GARZA / Medio	GARZA / Orilla B
Código del Laboratorio			14121316	14121317	14121318
Ensayo	unidades	L.D.M.	Resultados		
Metales					
Plata (Ag)	mg/kg	0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Aluminio (Al)	mg/kg	1.1	13543.8	8286.0	14983.4
Arsénico (As)	mg/kg	0.1	3.8	1.3	2.2
Boro (B)	mg/kg	0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Bario (Ba)	mg/kg	0.2	115.6	57.9	142.1
Berilio (Be)	mg/kg	0.02	0.96	0.44	1.09
Calcio (Ca)	mg/kg	2.4	1136.8	807.7	1086.7
Cadmio (Cd)	mg/kg	0.04	3.69	2.50	3.94
Cerio (Ce)	mg/kg	0.2	47.3	34.5	50.6
Cobalto (Co)	mg/kg	0.03	11.64	8.96	11.95
Cromo (Cr)	mg/kg	0.05	20.06	13.65	20.64
Cobre (Cu)	mg/kg	0.04	29.49	14.20	30.33
Hierro (Fe)	mg/kg	0.2	>20000	16832.02	>20000
Mercurio (Hg)	mg/kg	0.10	<0.10	22.78	<0.10
Potasio (K)	mg/kg	3.9	802	520	883
Litio (Li)	mg/kg	0.3	28.8	19.6	28.1
Magnesio (Mg)	mg/kg	2.3	4532.4	2845.7	4253.3
Manganeso (Mn)	mg/kg	0.04	402.74	266.17	399.71
Molibdeno (Mo)	mg/kg	0.2	0.5	<0.2	0.4
Sodio (Na)	mg/kg	2.3	66.6	55.8	72.8
Niquel (Ni)	mg/kg	0.05	20.01	13.64	21.14
Fósforo (P)	mg/kg	0.3	443.4	288.0	410.1
Plomo (Pb)	mg/kg	0.04	12.10	7.48	14.08
Antimonio (Sb)	mg/kg	0.1	0.3	0.2	0.5
Selenio (Se)	mg/kg	0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	mg/kg	0.1	0.9	0.6	1.0
Estroncio (Sr)	mg/kg	0.1	13.3	7.6	14.7
Titanio (Ti)	mg/kg	0.03	90.59	112.43	64.86
Talio (Tl)	mg/kg	0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Vanadio (V)	mg/kg	0.04	36.36	24.76	36.90
Zinc (Zn)	mg/kg	0.2	66.6	41.3	66.1

L.D.M.: Límite de detección del método

Resultados de sedimentos en base seca


Quim. Belbeth Y. Fajardo León
 Director Técnico
 C.Q.P. N° 648
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO N° 085533-2014
 CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado			Sedimento	Sedimento	Sedimento
Matriz analizada			Sedimento	Sedimento	Sedimento
Fecha de muestreo			2014-11-28	2014-11-28	2014-11-28
Hora de inicio de muestreo (h)			12:30	12:50	13:10
Coordenadas			0455616E	0455614E	0455647E
			8613521N	8613488N	8613473N
Condiciones de la muestra			Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente			MARIPOSA / Orilla A	MARIPOSA / Medio	MARIPOSA / Orilla B
Código del Laboratorio			14121319	14121320	14121321
Ensayo	unidades	L.D.M.	Resultados		
Metales					
Plata (Ag)	mg/kg	0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Aluminio (Al)	mg/kg	1.1	5871.4	16115.3	17497.3
Arsénico (As)	mg/kg	0.1	0.4	4.9	1.7
Boro (B)	mg/kg	0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Bario (Ba)	mg/kg	0.2	34.4	143.5	138.1
Berilio (Be)	mg/kg	0.02	0.25	1.19	1.23
Calcio (Ca)	mg/kg	2.4	544.7	1337.8	1320.3
Cadmio (Cd)	mg/kg	0.04	1.80	4.35	3.35
Cerio (Ce)	mg/kg	0.2	25.9	54.1	55.3
Cobalto (Co)	mg/kg	0.03	6.80	12.28	9.77
Cromo (Cr)	mg/kg	0.05	9.75	22.59	22.40
Cobre (Cu)	mg/kg	0.04	8.99	36.62	42.17
Hierro (Fe)	mg/kg	0.2	11885.4	>20000	>20000
Mercurio (Hg)	mg/kg	0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Potasio (K)	mg/kg	3.9	382	927	1072
Litio (Li)	mg/kg	0.3	15.6	29.8	34.4
Magnesio (Mg)	mg/kg	2.3	2145.6	4831.9	5043.1
Manganeso (Mn)	mg/kg	0.04	155.00	449.97	277.52
Molibdeno (Mo)	mg/kg	0.2	<0.2	0.6	0.5
Sodio (Na)	mg/kg	2.3	24.2	85.3	94.1
Níquel (Ni)	mg/kg	0.05	10.57	22.34	21.92
Fósforo (P)	mg/kg	0.3	208.0	556.2	387.6
Plomo (Pb)	mg/kg	0.04	4.87	15.08	15.40
Antimonio (Sb)	mg/kg	0.1	0.1	0.2	0.4
Selenio (Se)	mg/kg	0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	mg/kg	0.1	0.4	1.1	0.9
Estroncio (Sr)	mg/kg	0.1	4.2	16.9	15.5
Titanio (Ti)	mg/kg	0.03	113.49	74.23	64.88
Talio (Tl)	mg/kg	0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Vanadio (V)	mg/kg	0.04	16.07	41.17	38.38
Zinc (Zn)	mg/kg	0.2	32.4	72.4	79.7

L.D.M.: Límite de detección del método

Resultados de sedimentos en base seca



 Quim. Belbeth Y. Fajardo León
 Director Técnico
 C.Q.P. N° 648
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO N° 085533-2014
 CON VALOR OFICIAL**

II. RESULTADOS:

Producto declarado			Sedimento	Sedimento	Sedimento
Matriz analizada			Sedimento	Sedimento	Sedimento
Fecha de muestreo			2014-11-28	2014-11-28	2014-11-28
Hora de Inicio de muestreo (h)			13:35	13:50	14:16
Coordenadas			0455667E 8613610N	0455535E 8613589N	0455483E 8613635N
Condiciones de la muestra			Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente			CHONTA / Orilla A	CHONTA / Medio	CHONTA / Orilla B
Código del Laboratorio			14121322	14121323	14121324
Ensayo	unidades	L.D.M.	Resultados		
Metales					
Plata (Ag)	mg/kg	0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Aluminio (Al)	mg/kg	1.1	9482.8	6638.8	16316.1
Arsénico (As)	mg/kg	0.1	1.5	1.2	6.7
Boro (B)	mg/kg	0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Bario (Ba)	mg/kg	0.2	62.7	41.4	145.3
Berilio (Be)	mg/kg	0.02	0.55	0.26	1.19
Calcio (Ca)	mg/kg	2.4	713.1	596.2	1212.2
Cadmio (Cd)	mg/kg	0.04	2.65	1.96	4.83
Cerio (Ce)	mg/kg	0.2	35.0	26.9	54.7
Cobalto (Co)	mg/kg	0.03	9.16	7.43	12.56
Cromo (Cr)	mg/kg	0.05	14.57	11.38	22.14
Cobre (Cu)	mg/kg	0.04	15.65	10.16	31.98
Hierro (Fe)	mg/kg	0.2	16948.9	12853.1	>20000
Mercurio (Hg)	mg/kg	0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Potasio (K)	mg/kg	3.9	594	428	967
Litio (Li)	mg/kg	0.3	22.2	17.9	32.0
Magnesio (Mg)	mg/kg	2.3	3186.4	2466.9	4534.6
Manganeso (Mn)	mg/kg	0.04	254.48	177.31	478.20
Molibdeno (Mo)	mg/kg	0.2	<0.2	<0.2	0.5
Sodio (Na)	mg/kg	2.3	70.8	39.1	97.3
Níquel (Ni)	mg/kg	0.05	14.97	12.12	21.73
Fósforo (P)	mg/kg	0.3	317.2	259.1	676.9
Plomo (Pb)	mg/kg	0.04	7.79	5.25	14.53
Antimonio (Sb)	mg/kg	0.1	0.3	<0.1	0.6
Selenio (Se)	mg/kg	0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	mg/kg	0.1	0.6	0.4	1.1
Estroncio (Sr)	mg/kg	0.1	7.6	5.0	14.9
Titanio (Ti)	mg/kg	0.03	117.54	125.80	72.52
Talio (Tl)	mg/kg	0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Vanadio (V)	mg/kg	0.04	25.02	17.93	39.23
Zinc (Zn)	mg/kg	0.2	47.4	36.2	72.2

L.D.M.: Límite de detección del método

Resultados de sedimentos en base seca


 Quím. Belbéth Y. Fajardo León
 Director Técnico
 C.Q.P. N° 648
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

INFORME DE ENSAYO N° 085533-2014 CON VALOR OFICIAL

RESULTADOS:

Producto declarado	Sedimento		
Matriz analizada	Sedimento		
Fecha de muestreo	2014-11-28	2014-11-28	2014-11-28
Hora de Inicio de muestreo (h)	14:45	15:01	15:20
Coordenadas	0455485E	0455455E	0455420E
	8613746N	8613830N	8613931N
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente	GIGANTE / Orilla A	GIGANTE / Medio	GIGANTE / Orilla B
Código del Laboratorio	14121325	14121326	14121327
Ensayo	unidades	L.D.M.	Resultados
Metales			
Plata (Ag)	mg/kg	0.05	<0.05
Aluminio (Al)	mg/kg	1.1	13784.5
Ársenico (As)	mg/kg	0.1	7.3
Boro (B)	mg/kg	0.2	<0.2
Bario (Ba)	mg/kg	0.2	98.2
Berilio (Be)	mg/kg	0.02	0.79
Calcio (Ca)	mg/kg	2.4	1121.5
Cadmio (Cd)	mg/kg	0.04	4.26
Cerio (Ce)	mg/kg	0.2	44.7
Cobalto (Co)	mg/kg	0.03	11.81
Cromo (Cr)	mg/kg	0.05	19.75
Cobre (Cu)	mg/kg	0.04	25.84
Hierro (Fe)	mg/kg	0.2	>20000
Mercurio (Hg)	mg/kg	0.10	<0.10
Plata (K)	mg/kg	3.9	862
Litio (Li)	mg/kg	0.3	32.2
Magnesio (Mg)	mg/kg	2.3	4257.3
Manganeso (Mn)	mg/kg	0.04	391.78
Moibdeno (Mo)	mg/kg	0.2	0.3
Sodio (Na)	mg/kg	2.3	78.2
Níquel (Ni)	mg/kg	0.05	19.67
Fósforo (P)	mg/kg	0.3	626.8
Plomo (Pb)	mg/kg	0.04	11.47
Antimonio (Sb)	mg/kg	0.1	0.6
Selenio (Se)	mg/kg	0.3	<0.3
Estañ (Sn)	mg/kg	0.1	0.9
Stroncio (Sr)	mg/kg	0.1	11.6
Tantalo (Ta)	mg/kg	0.03	99.09
Talio (Tl)	mg/kg	0.3	<0.3
Vanadio (V)	mg/kg	0.04	32.59
Zinc (Zn)	mg/kg	0.2	62.3

D.M.: Límite de detección del método
Resultados de sedimentos en base seca

II. PERIODO DE CONSERVACIÓN DE MUESTRAS:

AGUA	
Ensayo	Tiempo de perechbilidad
Metales	3 meses

Uma, 30 de Diciembre del 2014


Quilma Belbeth Y. Fajardo León
Director Técnico
C.Q.P. N° 648
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

CADENA DE CUSTODIA

SOLICITUD DE SERVICIOS ANALÍTICOS

Cliente: AF. CIV. SIN LUCROS REV. EDU. HUARAYO Contacto: Ulko Manuel Arayo Flores Telf.: 986098515 E-mail:

Solicitado por: Lugar/Empresa/Planta/Proyecto:

Número de Solicitud: <u>2014-1206-17.1-1</u>						Análisis in situ				Análisis solicitado				N° Informe <u>0855332014</u>	
Estación de muestreo/Código del Cliente	Tipo de Muestra	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Tipo de envase	Condición de muestra y preservación									Código de Laboratorio	Observaciones y detalles adicionales
SARZA ORDINA	ASop.	27-11-12	11:30	P	R III									14121334	
" Medio	"	"	11:30	"	"									14121335	
" Orilla B	"	"	11:30	"	"									14121336	
KARIPOSA Orilla A	"	"	12:15	"	"									14121337	
" Medio	"	"	12:35	"	"									14121338	
" Orilla B	"	"	12:55	"	"									14121339	
CHONTA Orilla A	"	"	13:25	"	"									14121340	
" Medio	"	"	13:45	"	"									14121341	
" Orilla B	"	"	14:05	"	"									14121342	
6Gante Orilla A	"	"	14:35	"	"									14121343	
" Medio	"	"	14:45	"	"									14121344	
" Orilla B	"	"	15:10	"	"									14121345	

Metals



Obs. de laboratorio:

Tipo de Envase:	P	Envase de Plástico	W	Winkler
	V	Envase de Vidrio		
	FA	Frasco Ambar		
	FE	Frasco Esteril.		

Condición de la Muestra y preservación:	R	Refrigerada
	SR	Sin refrigeración
	I	Muestra sin preservar
	II	Muestra en envase esteril

III	Muestra preservada con HNO ₃ , pH<2
IV	Muestra preservada con H ₂ SO ₄ , pH<2
V	Muestra preservada con NaOH pH>9
VI	otros

Nombre y firma del responsable del muestreo: Obs. Del Muestreador:

Entregado por: Mensiero Representante de: Firma: Recibido en laboratorio por: JP Día/Hora:

Cliente: **AS. CIV. SIN LUCOS SERV. EDU HUARAYO** Contacto: **José Manuel Araujo Flores** Telf.: **946015012** E-mail:

Solicitado por: Lugar/Empresa/Planta/Proyecto:

Número de Solicitud: 2014-1206-17-1-1						Análisis in situ				Análisis solicitado				N° Informe: 085533-2014		
Fecha de muestreo/Código del Cliente	Tipo de Muestra	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Tipo de envase	Condición de muestra y preservación										Código de Laboratorio	Observaciones y detalles adicionales
CHOTA Orilla A	S.O	28-11-14	13:35	P	-										14121322	
" Media	"	"	13:50	"	-										14121323	
" Orilla B	"	"	14:16	"	-										14121324	
GIANTE Orilla A	"	"	14:45	"	-										14121325	
" Media	"	"	15:01	"	-										14121326	
" Orilla B	"	"	15:20	"	-										14121327	
TOPA Orilla A - A. SUP	"	27-11-14	9:15	"	-										14121328	
" Media	"	"	9:35	"	-										14121329	
" Orilla B	"	"	10:00	"	-										14121330	
PODEGRA Orilla A	"	"	10:25	"	-										14121331	
" Media	"	"	10:40	"	-										14121332	
" Orilla B	"	"	11:00	"	-										14121333	



Obs. de laboratorio:

<table border="1"> <tr> <td>Envase de Plástico</td> <td>W</td> <td>Winkler</td> </tr> <tr> <td>Envase de vidrio</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Frasco A</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Frasco B</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Envase de Plástico	W	Winkler	Envase de vidrio			Frasco A			Frasco B			<table border="1"> <tr> <td>R</td> <td>Refrigerada</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Con refrigeración</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Muestra en envase estéril</td> </tr> </table>	R	Refrigerada		Con refrigeración		Muestra en envase estéril	<table border="1"> <tr> <td>III</td> <td>Muestra preservada con HNO₃, pH<2</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>Muestra preservada con H₂SO₄, pH<2</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>Otros</td> </tr> </table>	III	Muestra preservada con HNO ₃ , pH<2	IV	Muestra preservada con H ₂ SO ₄ , pH<2	V	Otros
Envase de Plástico	W	Winkler																								
Envase de vidrio																										
Frasco A																										
Frasco B																										
R	Refrigerada																									
	Con refrigeración																									
	Muestra en envase estéril																									
III	Muestra preservada con HNO ₃ , pH<2																									
IV	Muestra preservada con H ₂ SO ₄ , pH<2																									
V	Otros																									

Nombre y firma del responsable del muestreo: Obs. Del Muestreador:

Entregado por: **Melvajero** Representante de: Firma: **[Signature]** Recibido en laboratorio por: **[Signature]** Día/Hora:



CADENA DE CUSTODIA

SOLICITUD DE SERVICIOS ANALÍTICOS

Página.....de.....

Cliente: AS CIV SIN FINES LUCRO SERV. EDUC. HUAYAYO. Contacto: Julio Manuel Araya Flores. Telf.: 936018515 E-mail: julio@saqperu.com
 Solicitado por: Lugar/Empresa/Planta/Proyecto:

Número de Solicitud: <u>2014-12V5-17-1-1</u>						Análisis in situ				Análisis solicitado				N° Informe <u>085533-2064</u>		
Estación de muestreo/Código del Cliente	Tipo de Muestra	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Tipo de envase	Condición de muestra y preservación										Código de Laboratorio	Observaciones y detalles adicionales
<u>TOPA Grilla A</u>	<u>SD</u>	<u>28/11/19</u>	<u>08:05</u>	<u>P</u>	<u>-</u>										<u>14121310</u>	
<u>" Medio</u>	<u>"</u>	<u>"</u>	<u>08:30</u>	<u>"</u>	<u>-</u>										<u>14121311</u>	
<u>" Grilla B</u>	<u>"</u>	<u>"</u>	<u>09:15</u>	<u>"</u>	<u>-</u>										<u>14121312</u>	
<u>EDREGAL Grilla A</u>	<u>"</u>	<u>"</u>	<u>9:50</u>	<u>"</u>	<u>-</u>										<u>14121313</u>	
<u>" Medio</u>	<u>"</u>	<u>"</u>	<u>10:15</u>	<u>"</u>	<u>-</u>										<u>14121314</u>	
<u>" Grilla B</u>	<u>"</u>	<u>"</u>	<u>10:38</u>	<u>"</u>	<u>-</u>										<u>14121315</u>	
<u>SAREN Grilla A</u>	<u>"</u>	<u>"</u>	<u>11:05</u>	<u>"</u>	<u>-</u>										<u>14121316</u>	
<u>" Medio</u>	<u>"</u>	<u>"</u>	<u>11:20</u>	<u>"</u>	<u>-</u>										<u>14121317</u>	
<u>" Grilla B</u>	<u>"</u>	<u>"</u>	<u>11:45</u>	<u>"</u>	<u>-</u>										<u>14121318</u>	
<u>MADEPASA Grilla A</u>	<u>"</u>	<u>"</u>	<u>12:30</u>	<u>"</u>	<u>-</u>										<u>14121319</u>	
<u>" Medio</u>	<u>"</u>	<u>"</u>	<u>12:50</u>	<u>"</u>	<u>-</u>										<u>14121320</u>	
<u>" Grilla B</u>	<u>"</u>	<u>"</u>	<u>13:10</u>	<u>"</u>	<u>-</u>										<u>14121321</u>	

Obs. de laboratorio:

Tipo de Envase:	P	Envase de Plástico	W	Winkler
	V	Envase de Vidrio		
	FA	Frasco Ambar		
	FE	Frasco Estéril		

Condición de la Muestra y preservación:	R	Refrigerada
	SR	Sin refrigeración
	I	Muestra sin preservar
	II	Muestra en envase estéril

III	Muestra preservada con HNO ₃ , pH<2
IV	Muestra preservada con H ₂ SO ₄ , pH<2
V	Muestra preservada con NaOH pH> 9
VI	Otros

Nombre y firma del responsable del muestreo: Obs. Del Muestreador:

Entregado por: Meusajero Representante de: Firma: [Firma] Recibido en laboratorio por: [Firma] Día/Hora: