

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Comentario [h1]: Sin logo de Espol

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO
SIETE EN EL SECTOR MINERO DEL CANTÓN CAMILO
PONCE ENRIQUEZ, PROVINCIA DEL AZUAY”**

PROYECTO INTEGRADOR

Comentario [h2]: Proyecto integrador

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

ABEL ANTENOR LEÓN ORDOÑEZ

Guayaquil-Ecuador

2016

Comentario [h3]: La portada debe tener tipo de letra Arial, tamaño 16 para los títulos y 12 para el resto

Comentario [h4]:

AGRADECIMIENTO

Comentario [T5]: Debe estar centrado en la hoja

A Dios por darme la fortaleza de seguir día a día atravesando todos los obstáculos que se me han presentado para poder culminar mis estudios, A mis padres por darme la vida y su apoyo incondicional en esta etapa universitaria, a mis amigos a mi hermana Jessica León por ser una excelente persona y un ejemplo a seguir de superación lucha.

Comentario [h6]: La página de agradecimientos texto deberá iniciarse en la octava línea, contada a partir del margen superior y llevar el título con letra de tamaño igual que la dedicatoria.

Comentario [T7]: EL agradecimiento debe ser dispuesto en un hoja de doble columna, al margen derecho de la misma igual que la dedicatoria

DEDICATORIA

Comentario [h8]: El título tipo de letra del título debe ser Arial, tamaño 16

Comentario [T9]: Debe estar centrado en la hoja

A Dios por ser mi mayor inspiración a seguir adelante.

A mis padres Antenor León, Vilma Ordoñez mi Hermana Jessica León por ser mi pilar fundamental en mi vida.

A la Msc. Ing. Alby Aguilar P. por haberme brindado sus conocimientos y poder llevar a cabo este proyecto de Graduación.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Comentario [h10]: Como tribunal de graduación deben constar el profesor responsable del proyecto integrador, y el coordinador de la carrera

M.Sc. Alby Aguilar P.

**DIRECTORA DE PROYECTO INTEGRADOR Y COORDINADORA
LA CARRERA DE ING. CIVIL**

Comentario [T11]: Debe ir proyecto integrador

DECLARACIÓN EXPRESA

Comentario [h12]: Tipo de letra Ari

La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y a través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la “ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Comentario [T13]: El texto debe estar centrado

Abel León Ordoñez

RESUMEN

El presente trabajo de investigación es una parte del Proyecto de Tesis Doctoral: Caracterización ambiental y remediación de efluentes mineros, mediante la implementación de una planta piloto sostenible localizada en el Cantón Camilo Ponce Enríquez provincia del Azuay, para este estudio se ha de analizar 4 efluentes mineros del sector como lo son: Río Siete, Río Guanache, Río Fermín y Río Villa.

Para nuestro trabajo de Investigación se ha tomado en cuenta el área de Estudio del sector de Río Siete, este cuerpo de Agua se ha visto afectado con el pasar de los años afectado por las actividades mineras que se realizan en el sector, para este estudio se ha tomado un total de 9 muestras etiquetadas como Ms1 al Ms9, las muestras tomadas se las ha clasificado de dos tipos: Iones Mayoritarios y Metales pesados.

Los metales pesados a analizar son: Arsénico, Cobre, Cromo, Hierro y Plomo y los iones mayoritarios a analizar son: Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Bicarbonatos, Sulfatos, y Cloruros, también se han tomado parámetros In Situ para analizar como: pH, Conductividad Eléctrica, Solidos Totales Disueltos, Oxígeno Disuelto y Temperatura para determinar las características físicas del agua.

Comentario [h14]: Tipo de letra Arial tamaño 16 para los títulos, tamaño 12 para el cuerpo del documento

Por medio de los análisis realizados por los laboratorios LAB-PSI y Laboratorio de Análisis Agrícola se determinó que existe el agua del Río Siete es apta para la preservación de la vida animal y vegetal, es un agua con altas concentraciones de Hierro debido a la presencia de sulfuros de hierro y alteraciones propilitica que se encuentra en la minería de Bella Rica.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA	III
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN	IV
DECLARACIÓN EXPRESA	V
RESUMEN	VI
ÍNDICE GENERAL.....	1
ABREVIATURAS	5
SIMBOLOGÍA	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE TABLAS	10
CAPÍTULO 1.	
1. INTRODUCCIÓN	12
1.1 Preámbulo.....	12
1.2 Planteamiento del Problema	14
1.3 Objetivos de la Investigación	16
1.3.1 Objetivo General	16
1.3.2 Objetivos Específicos.....	16
1.4 Investigaciones Previas	16

1.5	Metodología de Estudio	20
CAPÍTULO 2		
2.	Conceptos Fundamentales	22
Del Proceso de extracción de Material en Minas		
2.1	Minería Artesanal y en Pequeña Escala (MAPE)	22
2.1.1	Impacto ambiental:	23
2.2	Amalgamación	25
2.2.1	Procedimiento:	26
2.2.2	Ejemplo del proceso de amalgamación en las minas de Potovelo - Zaruma – Ecuador	28
2.2.3	Proceso Molino Chileno	29
2.2.4	Proceso Chanchas	32
2.3	Cianuración	33
CAPÍTULO 3		
3.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	38
3.1	Marco Geográfico.....	38
3.2	Ubicación	41
3.3	Población	42
3.4	Marco socioeconómico	44
3.4.1	Minería.....	46
3.4.2	Agricultura.....	48
3.4.3	Ganadería.....	49

3.5	Aspectos Culturales	50
3.5.1	Principales atractivos turísticos.....	51
3.6	Climatología	54
3.6.1	Temperatura Media	54
3.6.2	Precipitación	57
3.6.3	Nubosidad.....	59
3.6.4	Vientos.....	59
3.7	Ecosistemas.....	60
3.7.1	Bosque siempre verde de tierras bajas	60
3.7.2	Bosque siempre verde pie montano	61
3.7.3	Bosque siempre verde montano bajo	61
3.7.4	Bosque de neblina montano	62
3.7.5	Páramo herbáceo	62
3.8	Geología	63
3.8.1	Formación piñón	65
3.8.2	Formación Tarqui.....	66
3.8.3	Formación Saraguro	67
3.9	Hidrología.....	68
CAPÍTULO 4		
4. METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS DEL		
	RÍO SIETE	69
4.1	Campañas de muestreo.....	69

4.2	Ubicación de los Puntos de Muestreo.....	71
4.3	Equipos y Materiales para el muestreo.....	72
4.4	Tipo de Muestras.....	72
4.5	Identificación de Muestras.....	74
CAPÍTULO 5		
5. INTERPRETACIÓN Y RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS		
REALIZADOS.....		
5.1	Interpretación de Datos.....	75
5.2	Interpretación Físico-Química.....	76
5.3	Metales Pesados.....	85
CAPÍTULO 6		
Conclusiones y recomendaciones.....		102
Apéndices o anexos.....		113
Bibliografía.....		109

Comentario [h15]: Los capítulos deben incluir el título del capítulo enumerado

Comentario [h16]: Debe ser tamaño 12 con tipo de letra Arial, con sangría 0 de lado derecho, interlineado doble, espaciado anterior 24 y posterior 5

ABREVIATURAS

PSI	Productos y Servicios Industriales
C.E	Conductividad Eléctrica
LAAA	Laboratorio de Análisis Agrícola y Afines
LMP	Límite Máximo Permisible
SAE	Servicio de Acreditación Ecuatoriano
pH	Potencial de Hidrógeno
SM	Standard Methods
STD	Sólidos Totales Disueltos
T	Temperatura
TULAS	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente
ECA	Estándares de Calidad Ambiental
MINAMBIENTE	Ministerio del Ambiente (Colombia)

Comentario [h17]: Título con Arial, espaciado sencillo, sin sangría y sin interlineado

SIMBOLOGÍA

°C	Grados centígrados
Ca+2	Ión calcio
CaCO ₃	Carbonato de calcio
Cl-1	Ión cloruro
HCN	Ácido cianhídrico
HCO ₃ -1	Ión bicarbonato
K+1	Ión potasio
Km.	Kilómetros
m	Metros
mm	Milímetros
m ³ /s	Metros cúbicos por segundo
mg/l	Miligramos por litro
meq/l	Miliequivalente por litro
NaCN	Cianuro de sodio
SO ₄ -2	Ión sulfato

Comentario [h18]: Igual formato que en abreviaturas

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Puntos de Muestreo de análisis del Río Siete.....	21
Figura 2. 1 “Quimbalete” Molino de amalgamación para la Minería.....	23
Figura 2. 2: Empleo y Producción en la MAPE en Países seleccionados....	24
Figura 2. 3: Molino Chileno utilizado para la extracción de oro en las Minas	31
Figura 2. 4: Maquina de Chanchas utilizado para la extracción de oro en las Minas	33
Figura 2. 5: Tanque de Cianuración.....	35
Figura 2. 6: Virutas de Zinc.....	36
Figura 2. 7: Piscinas de Sedimentación	36
Figura 2. 8: Proceso de Fundición	37
Figura 3. 1: Ubicación del Cantón Camilo Ponce Enríquez	40
Figura 3.2 Distribución de la población del Cantón Camilo Ponce Enríquez	43
Figura 3.3 Distribución porcentual de las principales actividades del Cantón Camilo Ponce Enríquez	45
Figura 3.4 Sociedades Mineras asentadas en el Cantón Camilo Ponce Enríquez	47
Figura 3.5 Distribución porcentual de los tipos de minería del Cantón Camilo Ponce Enríquez.....	48

Figura 3.6 El cultivo de cacao una de las actividades sobresalientes del Cantón Camilo Ponce Enríquez.....	49
Figura 3.7 La ganadería otra actividad muy relevante	50
Figura 3.8 Temperaturas en el Cantón Camilo Ponce Enriquez	56
Figura 3.9 Precipitaciones en el Cantón Camilo Ponce Enríquez	58
Figura 3.10 Geología en el Cantón Camilo Ponce Enríquez.....	67
Figura 4.1 Esquema sobre los Tipos de Muestras realizadas.....	73
.....	74
Figura 4.1 Etiquetas para envases de la toma de muestras	74
Figura 5.1 Variación de pH en los puntos de muestreo del Río Siete	79
Figura 5.2 Variación del Oxígeno Disuelto y Total de Sólidos Disueltos	83
Figura 5.3 Variación del Oxígeno Disuelto y Total de Sólidos Disueltos	83
Figura 5.4 Variación del Oxígeno Disuelto y Total de Sólidos Disueltos	84
Figura 5.4 Variación de Sodio, Potasio y Cloro.....	85
Figura 5.6 Concentración de Arsénico en el Río Siete y comparación con las normas TULSMA y MINAMBIENTE	91
Figura 5.7 Concentración de Cobre en el Río Siete y comparación con las normas TULSMA y ECA-MINSA.....	95
Figura 5.8 Concentración de Cobre en el Río Siete y comparación con las normas TULSMA y MINAMBIENTE	95

Figura 5.9 Concentración de Hierro en el Río Siete y comparación con las normas TULSMA y ECA-MINSA..... 99

Figura 5.10 Concentración de Hierro en el Río Siete y comparación con las normas TULSMA y MINAMBIENTE 99

Comentario [h19]: Espaciado anterior 12, interlineado 1.5, tipo de letra Arial, tamaño 12

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I: Población del Cantón Camilo Ponce Enríquez	43
Tabla II. Promedio de Temperaturas Absoluta y Medias por meses.....	55
Tabla III. Codificación y Coordenadas de los Puntos de Muestreo en el Río Siete.....	71
Tabla IV: Parámetros de metales pesados realizados en el Laboratorio de Análisis Agrícola y los métodos empleados para los respectivos análisis del sector de Río Siete.....	77
Tabla V: Parámetros Iones Mayoritarios realizados en el Laboratorios Productos Servicios Industriales (PSI) y los métodos empleados para los respectivos análisis del sector de Río Siete	77
Tabla VI: Dureza del Agua rangos permisibles	81
Tabla VII: Dureza en el agua del Río Siete.....	82
Tabla VIII: Valores de límites máximo permisible establecido por el TULSMA Anexo 1 Tabla II.....	87
Tabla IX: Valores de límites máximo permisible establecido por ECA - Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM – Categoría 4	88
Tabla X: Valores de límites máximo permisible establecidos por MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, RESOLUCIÓN, Resolución 0631	88
Tabla XI: Resultados de análisis LAB-PSI Arsénico y comparación con la norma de Perú (ECA-MINSA)	89

Tabla XII: Resultados de análisis LAB-PSI Arsénico y comparación con la norma de Colombia (MINAMBIENTE)	89
Tabla XIII: Resultados de análisis LAB-PSI de Cobre y comparación con la norma de Perú (ECA-MINSA)	94
Tabla XIV: Resultados de análisis LAB-PSI de Cobre y comparación con la norma de Colombia (MINAMBIENTE)	94
Tabla XV: Resultados de análisis LAB-PSI de Hierro y comparación con la norma de Perú (ECA-MINSA)	98
Tabla XVI: Resultados de análisis LAB-PSI de Hierro y comparación con la norma de Colombia (MINAMBIENTE)	98

Comentario [h20]: Mismas recomendaciones que en el índice

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Preámbulo

Desde los años '80 la actividad minera en el distrito de Ponce Enríquez ha sido el principal movimiento económico, este tipo de actividad conlleva a dejar secuelas de contaminación en el aspecto ambiental, esto se debe a las explotaciones mineras realizadas in situ careciendo de un aspecto técnico ambiental, se ha descuidado el manejo de cuidado ambiental en este sector por lo que el grado de contaminación en sus efluentes es crítica, estos criterios resultan importantes para un manejo sustentable de los recursos naturales y también mineros, no solo se refiere a una contaminación de

Comentario [h21]: Para el título de capítulo debe tener espaciado anterior 144, posterior 48, interlineado doble, tipo de letra Arial, tamaño 24

Comentario [T22]: Eliminar el salto entre el punto 1 y el punto 1.1, debe tener el interlineado común

Comentario [h23]: Título en Arial, tamaño 16, justificado, con numeración, espaciado anterior y posterior de 24, interlineado doble

Comentario [h24]: Margen superior inferior 4, izquierdo 4, derecho 2.4, espaciado anterior 54, espaciado posterior 24, interlineado doble

Comentario [T25]: Todos los subtítulos deben tener tamaño 12, esto aplica en todos los subtítulos del documento

Comentario [h26]: Cuerpo de texto con letra tipo arial, tamaño 12, espaciado anterior y posterior 24, interlineado doble, márgenes superior 4, inferior 4, izquierdo 4, derecho 2.4,

efluentes sino además de suelos debido a la cantidad de desechos que producen las actividades mineras, este tipo de actividad eran descargadas a quebradas y ríos sin ningún tipo de precaución .

Uno de los problemas en este distrito minero se debe a la turbidez y contaminación de aguas superficiales gracias al vertido en los ríos y quebradas de agua que suelen provenir de plantas de tratamientos (amalgamación y cianuración). Cabe recalcar que la mayoría de estudios realizados en esta zona minera ha sido enfocada a la mejora en tecnologías productivas e impactos ambientales y no precisamente al análisis y comprensión de la calidad de vida de los pequeños mineros, es decir, que no se han dado grandes evaluaciones socio-económicas.

La preocupación académica por las actividades mineras ha sido escasa y esto puede deberse al poco impacto que tienen estas actividades en la vida social, en las actividades económicas y peor aún en los procesos políticos. El estado ecuatoriano en años pasados intentaba agrupar las pequeñas organizaciones mineras para convertirlas en minería a mediana o gran escala con el fin de formalizar sus actividades y reducir conflictos y además para poder tener cierto tipo de control de las actividades mineras. Pero hoy en día su propósito es el de determinar, identificar y mitigar los impactos ambientales de actividades mineras a pequeña escala y potenciar el

desarrollo económico regional, es decir, reconocer esta actividad legalmente. Los ríos que se encuentran más afectados por esta problemática son: Siete, Fermín, Guanache, Villa, La Florida, Jabón, debido a la descarga de contaminantes mineros a estos efluentes. (SES, 1996 - 1998)

1.2 Planteamiento del Problema

Río Siete, Se origina en la ladera del cerro La Rica Ensilada, se alimenta con los afluentes del Río Nueve de Octubre, Estero Guanache, y el río Fermín. El flujo de agua varía considerablemente en los diferentes años y estaciones, tiene un promedio de 0,2 – 0,3 m³/s. Este a su vez pertenece a una de las cinco importantes cuencas hidrográficas, Río Jagua, Río Balao Grande, Río Gala, Río Tenguel y Río Siete.

Las condiciones actuales de este río están en condiciones de contaminación elevadas debido a la poca preocupación de un manejo ambiental adecuado para proteger el entorno natural, hídrico y económico del distrito de Camilo Ponce Enríquez, por ejemplo: los residuos de las actividades mineras son descargadas directamente a los ríos o suelos sin ninguna medida de control, esto llega a ser perjudicial inclusive para los propios mineros, habitantes locales, actividades de agriculturas, camarónicas, etc

En el año 1998 el estudio Proyecto de Desarrollo Minero y Control Ambiental informó que anualmente son descargadas 10,000 toneladas de colas, el principal metal/metaloide es el Arsénico y las concentraciones de Cobre, Cadmio y Plomo también son elevadas. Así, el río transportaba 10 kilogramos de Mercurio prácticamente en partículas en suspensión y hay indicios de que el cianuro era la principal causa de erradicación de la fauna del río Siete. Como consecuencia de prácticas inadecuadas respecto al control de las colas el río mencionado y algunos de sus tributarios están densamente contaminados por las descargas mineras, a tal punto que toda la macro fauna ha sido erradicada. En el estuario, donde la vida reaparece, muchos de los organismos estudiados contienen en principio arsénico y también mercurio. (SES, 1996 - 1998)

El problema consiste básicamente en la contaminación con mercurio proveniente de la minería es importante debido a que existe gran cantidad de gente que trabaja directamente con el mercurio y que puede llegar a intoxicarse seriamente con el mismo, pero además, la quema de este metal al aire libre, sin las precauciones necesarias, puede llevar a la transformación del mismo y a la afectación no solo de aquellos cercanos al proceso de obtención del oro sino una buena parte del área circundante. Y como la minería es un sector productivo importante en la generación de empleo y de ingresos económicos en las zonas mineras, es necesario tener en cuenta

detalles como la salud de los involucrados en la obtención del oro. (Fabian, 2001).

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

- Realizar el análisis físico-químico del agua adecuado para definir la calidad en el cauce para determinar si es apta la calidad de agua para la flora y fauna del Río Siete.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Obtener las muestras para el análisis mediante una red de monitoreo.
2. Determinar las posibles fuentes de contaminación del Río Siete.
3. Analizar los resultados de los parámetros físicos-químicos y comparar la norma de Ecuador con otras normas de calidad del agua de otros países como Perú y Colombia.

1.4 Investigaciones Previas

Al paso de los años en estas últimas décadas, existen algunas investigaciones que muestran resultados de estudios realizados en varias zonas el país entre ellas el distrito de Ponce Enríquez, de los cuales los que destacan son los siguientes:

Proyecto PRODEMINCA (1998)

Entre los años de 1995 y 2000 el gobierno Ecuatoriano realizó una ejecución en un proyecto importante que llevaría el nombre de PRODEMINCA (Proyecto de Asistencia Técnica para el Desarrollo Minero y Control Ambiental) el cual su objetivo general era apoyar y lograr un desarrollo sostenible a partir de técnicas que aseguren la protección del medio ambiente.

Este proyecto estaba financiado por el Banco Mundial y recibía apoyo técnico de los gobiernos de Suecia y Gran Bretaña y uno de sus componentes estaba enfocado al monitoreo de impactos ambientales y socioeconómicos de la minería. Un subcomponente estaba a cargo de la Dirección Ambiental Minera de la Dirección Nacional de Protección Ambiental (DAM/DINAPA).

Entre los años 1995 y 1998 gracias a la asistencia técnica del Swedish Environmental Systems (SES) se lograron, mediante varios estudios y capacitación, introducir mejoras en la recuperación de oro de entre el 80 y el 90%, además de la implementación de plantas de cianuración de concentrados gravimétricos que operan hoy en día en varios de los sitios de estudio a excepción de Nambija.

Con 3 años de trabajo se lograron modificar todos los reglamentos de la Ley de Minería y además se trabajó en un reordenamiento legal e institucional del sector minero; se capacitó a varios funcionarios de las entidades que participaron en este proyecto; se completó el monitoreo ambiental de los sectores mineros del sur del país, así como se recopiló una importante cantidad de datos derivados de muestreos para análisis de aguas, sedimentos y biota pero también este proyecto se dedicó a la recopilación de información local sobre salud ocupacional; además de la elaboración de varios mapas de cada uno de estos temas para las siguientes zonas de estudio: (PRODEMINCA, 1998)

- Área de Ponce Enríquez

- Área de Santa Rosa

- Área de Portovelo-Zaruma

- Área de Nambija

Ministerio de Energía y Minas (2002)

En colaboración con el Ministerio de Ambiente y de la Dirección Regional Minera de El Oro se llevó a cabo un estudio que permite examinar y a la vez controlar la explotación minera en las cuencas de los ríos Santa Rosa, Caluguro, Tenguel y Siete, en el cual se evidenció una disminución en las concentraciones de los metales pesados en el agua (Minas, 2002).

PROMAS-Universidad de Cuenca (2009)

En colaboración con el SENPLADES se realizó un estudio para la evaluación de los recursos hídricos de las subcuencas de los ríos San Francisco, Vivar, Jagua, Balao, Gala, Tenguel y Siete, en el marco de la realización del Inventario de Recursos Hídricos del Azuay (IRHA) de cuya Secretaría Técnica es miembro el Centro de Reversión Económica de Azuay (CREA), a fin de contar con información sobre el estado de los recursos hídricos mediante un inventario, lo cual resulta importante para la construcción de políticas provinciales ambientales y de agua. (Cuenca, 2009)

1.5 Metodología de Estudio

Se ha hecho una recopilación de información tomado de diversos medios como artículos científicos, revistas científicas de carácter ambiental, también se compiló información de estudios anteriores ya mencionados para obtener una visión clara de la problemática del presente trabajo de investigación tales como el estudio publicado en el año de 1998 llamado Proyecto de Asistencia Técnica para el Desarrollo Minero y Control Ambiental (PRODEMINCA).

En el año 2009 la M.I Municipalidad de Guayaquil hizo una publicación llamada Plan de monitoreo de la calidad de los ríos Gala, Chico, Tenguel y Siete, agua de pozo, suelos y productos agrícolas de la parroquia Tenguel.

Del informe denominado Evaluación Social-Técnica de los recursos hídricos de las subcuencas de los ríos Jagua, Balao, Gala, Tenguel y Siete se encuentra información muy importante sobre el distrito de Ponce Enríquez este informe fue presentado en el 2009 por la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES).

En este estudio se presentara información meteorológica e hidrológica proporcionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), los mapas topográficos del área de estudio fue proporcionado por el Instituto Geográfico Militar (IGM). Para el muestreo realizado en el área de

CAPITULO 2

2. Conceptos Fundamentales del Proceso de extracción de Material en Minas

Comentario [h29]: Revisar recomendaciones hechas en el capítulo

Comentario [T30]: Eliminar el salto entre el punto 2 y el punto 2.1, debe mantener el interlineado común entre título y subtítulo

2.1 Minería Artesanal y en Pequeña Escala (MAPE)

La mayor parte de la atención en la industria de la minería se concentra en las grandes empresas; sin embargo, en muchas partes del mundo, en especial en los países en desarrollo, los minerales son extraídos por la minería artesanal y en pequeña escala (MAPE) –personas que trabajan con herramientas y equipamiento simples, por lo general en el sector informal, fuera del marco regulador y legal. La gran mayoría son personas muy pobres

que explotan depósitos marginales en condiciones extremadamente severas y, a menudo, peligrosas –y que provocan un considerable impacto ambiental.

En una actitud extrema, los gobiernos consideran que este sector es ilegal e intentan prohibirlo a través de diferentes medios. (Sur, 2002)



Figura 2. 1 “Quimbalete” Molino de amalgamación para la Minería
Fuente: Minería, minerales y desarrollo sustentable en América del Sur (2002)

Comentario [T31]: Debe tener letra minúscula igual que el nombre de la figura.

2.1.1 Impacto ambiental:

Los numerosos impactos ambientales provocados por la MAPE son tal vez la mayor preocupación de muchos analistas del sector de la minería:

- Contaminación con mercurio.
- Contaminación con cianuro.
- Eliminación directa de relaves y efluentes en los ríos.
- Peligros debido a tanques para relaves mal construidos.

- Daño en los ríos en áreas aluviales.
- Ríos convertidos en cienos.
- Daño por erosión y deforestación.
- Destrucción del paisaje.

	Número de Trabajadores (miles)	Minerales (proporción de mineros en la MAPE, cuando existen)	Producción Anual (en miles de toneladas a menos que se indique algo diferente)	Proporción de la Producción Nacional de la MAPE
Bolivia	72	Metales base 54%, oro 45%	Oro – 12 toneladas Plata – 433 toneladas Zinc – 149 Estaño 12	Todos los minerales – 27%
Brasil	Mineros en pequeña escala, 67; garimpeiros,* hasta 300–400	Mineros en pequeña escala: materiales de construcción y edificación 84%; garimpeiros: oro 73%, diamantes 11%, casiterita 10%	–	–
Burkina Faso	100–200	Oro, fosfatos, caliza, caolín, arcilla, materiales de construcción	Oro – 513 kilogramos	Oro – 46% de toda la producción de oro
China	3.000–15.000	Carbón 46%, materiales de construcción y edificación 44%, hierro, oro, metales base, minerales para la agricultura	Carbón – 475.590 Piedra caliza – 161.300 Hierro – 68.120 Oro – 21 toneladas	–
Ecuador	92	Oro 65%, materiales de construcción 23%, piedra pómez 6%	Oro – 4 toneladas Piedra pómez – 172	–
Ghana	200	Oro 67%, diamantes 30%	Oro – 107 onzas Diamantes – 558.241 quilates	Todos los minerales – 17% Diamantes – 60–70%

Figura 2. 2: Empleo y Producción en la MAPE en Países seleccionados

Fuente: MMSD Global and Country ASM Reports. Los datos correspondientes a Brasil fueron extraídos de (Barreto, 2002)

En la Figura 2.2 adjunta nos podemos dar cuenta la cantidad promedio de trabajadores de Minería Artesanal y en Pequeña Escala específicamente nuestro país existe un promedio de 92mil trabajadores y una extracción de un 65% de oro 25% para materiales de construcción y un 6% de piedra pómez. (Sur, 2002)

2.2 Amalgamación

La amalgamación es un proceso eficiente para la extracción de oro de manera artesanal y de pequeña escala de granulometría superior a 200 mallas (0,074 mm) mediante el mercurio, de esta manera se emplea en la recuperación del oro donde se lo agrega al material de mina y se la vaporiza a altas temperaturas para separar el oro de los sedimentos concentrados. (CARRILLO G., 2008 - 2009)

Este proceso empezó a mediados del siglo XVI, es el causante del fuerte aumento en el consumo de mercurio que se ha producido en el mundo [18]. Aunque hay diferentes alternativas para la extracción, los mineros artesanales prefieren usar la amalgamación ya que es la técnica más barata y sencilla de extraer oro.

A nivel mundial entre 10 a 15 millones de mineros en más de 70 países extraen en promedio 350 toneladas/año de oro, y en el proceso, liberan entre un rango de (640 a 1350) toneladas/año de mercurio en el medio ambiente. (Patricio C. Velásquez-López, 2009)

El Mercurio (Hg) involucrado en el amalgama es tanto ineficiente como peligroso debido los vapores emitidos a la atmósfera gracias al proceso de fusión de la minería de oro, Los Niveles de mercurio puede ser alarmantes, llegando a la OMS (Organización Mundial de la Salud) un límite de 1,0 mg /m³ (Michela Balzino, 2015).

2.2.1 Procedimiento:

El mineral se lo obtiene mediante sacos transportado a un centro de procesamiento, el mineral puede ser obtenido mediante la explotación de la mina ya sea a cielo abierto o subterráneo. Los mineros obtienen generalmente 0.5 toneladas a 1 tonelada de mineral por día con un contenido de oro que esta entre un rango de 5 a 10 gramos por cada tonelada de mineral.

Cada unidad de procesamiento es operado en una maquina llamada molienda estas contienen un diámetro de 48 cm y una longitud de 60 cm. Una molienda procesa 40 kg de mineral durante 4 h. Después de 4 h se detiene y se añade aproximadamente 0,5 kg a 1 kg de mercurio en el la molienda luego se continua moliendo durante 1 hora.

Este procedimiento libera mercurio en el medio ambiente alrededor de un tercio del mercurio total que se ha añadido anteriormente en la molienda. El oro se separa del mineral de lodo por medio filtrado. (Tommy Martho Palapa, 2015)

El cantón Camilo Ponce Enríquez, se localiza al Sur Occidente de la Provincia del Azuay, a 50 minutos de la ciudad de Machala, Provincia de El Oro, donde la minería de oro también se produce, los contaminantes de la minería se han acumulado en las zonas agrícolas. Por otra parte, más abajo de la gran industria de cultivo de camarón, los contaminantes se encuentran en altas concentraciones, lo que ha afectado a las zonas de estuarios y manglares de la región, donde puede ocurrir la metilación del mercurio. (Patricio C. Velásquez-López, 2009)

Para facilitar la difusión de nuevos métodos para reemplazar el mercurio, la dinámica de la minería artesanal primero deben ser entendidos. Pero a pesar

de la extensa labor realizada sobre la contaminación ambiental de la minería artesanal y en pequeña escala del oro, las cargas de mercurio, su movilidad y su posterior destino siguen siendo muy controvertidas y no está bien entendido. (Patricio C. Velásquez-López, 2009)

2.2.2 Ejemplo del proceso de amalgamación en las minas de Portovelo - Zaruma – Ecuador

El material que se extrae es generalmente de 4 a 20 cm, esto se obtiene como resultado de la voladura con dinamita y excavación manual con selecciones.

El material se suele pasar a través de una trituradora de mandíbulas para reducir el mineral a 5 cm piezas, pero la mayoría de los mineros reducen el tamaño de las rocas con martillos de manera manual.

Se produce alrededor de 1000 a 2000 bolsas de mineral en un lapso de 2 a 3 semanas de trabajo (cada bolsa pesa 40-45 kg), con un peso que van de 3 a 30 g Oro/ton de mineral.

Este material es llevado a Portovelo para su procesamiento, algunos de los centros de procesamiento tienen sus propias minas, pero una gran mayoría utilizan el proceso artesanal. Básicamente existen dos tipos de centros de procesamiento. (Patricio C. Velásquez-López, 2009).

- 1) Los que utilizan molinos chilenos y cedazos, donde se amalgaman los concentrados
- 2) Los " Chancha " detalla la secuencia de las acciones adoptadas en el proceso de recuperación de oro.

2.2.3 Proceso Molino Chileno

El primer molino trabaja en húmedo con una capacidad de 0,5 toneladas/hora de mineral este se alimenta manualmente por un operador utilizando una pala. Un molino chileno consta de tres ruedas de cemento pesado con llantas de acero conectadas a un motor eléctrico de 20 HP.

Las ruedas giran sobre una placa de acero de 2 pulgadas por 25 cm de ancho. El material molido, que contiene de 6 a 14% de sólidos en la suspensión, es descargado por desbordamiento a través de una pantalla de nylon de 0,2 mm en 6,8 m de largo por 0,46 m de ancho en amplias cajas de

cemento cubiertos con alfombras de lana. Los cedazos tienen una pequeña abertura de (5 - 10) Con el fin de atrapar partículas de oro fino. Sin embargo, esto hace que el concentrado se acumule más rápido y así los mineros deben descargar el concentrado de las alfombras cada hora.

De aproximadamente 40-80 toneladas de mineral molido es decir cinco bolsas o 200 a 225 kg/día de concentrado se recuperan por lo general con un grado que varía de 10 a 30 g Au/ton. Después de moler todo el mineral, los mineros lavan el interior del molino chileno para quitar el oro macizo (conocido como " las ollas ") retenido en el interior del molino.

El concentrado de gravedad se desplaza en una caja de agua y después de la reducción de la masa de 10 a 15 kg, el concentrado se fusionó en una cacerola de acero conocido localmente como " platón ".

Por lo general, los empleados de los centros de procesamiento realizan amalgamación de manera manual en lotes de 3 kg de concentrado donde se añaden 16 a 100 g de mercurio/lote y 700 g de azúcar moreno (" panela "). Al parecer, el azúcar morena reduce la tensión superficial del mercurio, pero no hay ninguna prueba científica para confirmar esto.

La amalgama de 3 kg de concentrado tiene una duración de 50-60 minutos. Una vez que se obtiene la amalgama, el exceso de mercurio se recupera

apretando la amalgama en un trozo de tela impermeable. La amalgama contiene 30-40% mercurio, y los mineros las queman en una cacerola al aire libre. Son muy pocos los mineros utilizan una campana de extracción de vapores.

Aunque el uso de campanas de extracción, parte del mercurio este se condensa en el tanque de agua adjunto a la chimenea y una parte de ella se pierde en la atmósfera. (Lacerda LD, 1998)



Figura 2. 3: Molino Chileno utilizado para la extracción de oro en las Minas
Fuente: Mercury from gold and silver mining: a chemical time-bomb (1998)

2.2.4 Proceso Chanchas

Las chanchas son similares a un pequeño molino de bolas con un diámetro de 0,8 metros y Longitud de 1,5m para amalgamar " las ollas ", que es el material retenido en el interior del molino de Chile.

Típicamente, " las ollas " representan alrededor del 1% de la masa total de la planta de material en los molinos chilenos y son más ricas en oro que el material de alimentación estas opera ya sea con pequeñas varillas o con grandes piedras redondas de ríos. Los mineros añaden 150-200 kg de minerales a estos barriles, junto con 454g (1 lb) de mercurio y 1,5 kg de azúcar morena.

El " chanchas " gire durante 3 a 6 horas y los mineros recuperan al menos de 70% del mercurio añadido. Alrededor del 30% del mercurio se pulveriza y se pierde con las finas partículas.

En Ponce Enríquez, el " chancha " son los más predominantes. Los mineros queman la amalgama usando el mismo procedimiento descrito anteriormente. Los relaves de la " chanchas " están altamente contaminados con mercurio (430 a 90 mg Hg / kg), y después de acumular 200 sacos de relaves, los propietarios de centros de la " Chancha " 'alquilar una planta de cianuración para recuperar el oro residual de los relaves de amalgamación.

Esto por lo general produce 200 a 300 g de oro cada seis meses. (MM., 1997)



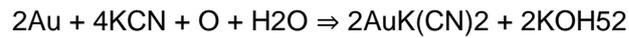
Figura 2. 4: Maquina de Chanchas utilizado para la extracción de oro en las Minas

Fuente: Mercury from gold and silver mining: a chemical time-bomb (1998)

2.3 Cianuración

La cianuración es uno de los procesos en los que más se recupera el oro pero también está entre los más complicados y costosos para la gente de pocos recursos. La solubilidad del oro en soluciones de cianuro fue reconocida en 1783 por Scheele (Suecia) y fue estudiada en los años 1840 y 1850 por ELkington and Bragation (Rusia), Elsner (Alemania), y Faraday (Inglaterra).

La disolución de oro en soluciones aireadas de cianuro y la regla del oxígeno en su mecanismo fue investigada por Elsner (1846), y la reacción fue reportada (Shoemaker, 1984) como se muestra continuación:



Existen dos tipos de cianuración utilizados en la pequeña minería aurífera:

- Percolación (material grueso).
- Agitación (material fino).

Cualquiera de estos dos métodos tiene la ventaja de que utiliza las colas (relaves) de la etapa de concentración gravimétrica y que su manejo es relativamente fácil. Las desventajas de este método es que se utilizan reactivos tóxicos y que los costos de dichos reactivos son altos

La cianuración puede ser:

- **Estática:** Cuando el material no se encuentra en movimiento ni es sujeto a ningún tipo de agitación. Los costos son más bajos para este tipo de operación ya que no necesitan de energía continua.
- **Dinámica:** Cuando el material se encuentra en permanente movimiento, inclusive pasando de tanque en tanque para la recuperación de oro.

Es evidente que los costos de este tipo de cianuración son mayores debido a su permanente necesidad de energía para los tanques de agitación. En ambos casos son necesarios tanques metálicos para agitación o percolación, varios químicos, muchos de ellos tóxicos, energía suficiente y capacitación del personal ya que este procedimiento va mucho más allá de cualquier procedimiento artesanal. Se debe producir una agitación constante de 32 horas en promedio, en tanques de agitación a 56 rpm, Ver en la Figura 2.5, del material que viene de procesos gravimétricos. Luego se produce una precipitación con virutas de zinc, ver en la Figura 2.6, dentro de unas cajas especiales. (Gonzaga, 2005)

Este precipitado se lava con ácido nítrico y pasa a la etapa de fundición. Lo que queda en el tanque es llamada solución pobre a la que se le agrega nuevamente cianuro y se la recircula al tanque de cianuración.



Figura 2. 5: Tanque de Cianuración

Fuente: Gonzaga. L, Cianuración por agitación para la disolución de oro de las minas de Ponce Enríquez

Comentario [T32]: Mantener la letra en minúscula, uniformidad en las fuentes de figuras, mapas, tablas etc



Figura 2. 6: Virutas de Zinc

Fuente: Gonzaga. L, cianuración por agitación para la disolución de oro de las minas de Ponce Enríquez

Luego de los canalones en los que se deposita el oro de mayor tamaño y que van a continuación de los molinos, se encuentran piscinas de sedimentación, ver Figura 2.7, en donde se acumula todo el material que sale de dichos molinos. Estas piscinas servirán de base para la cianuración.



Figura 2. 7: Piscinas de Sedimentación

Fuente: Gonzaga. L, cianuración por agitación para la disolución de oro de las minas de Ponce Enríquez

Comentario [T33]: Mantener uniformidad en la fuente de las figuras, tablas, mapas. Debe tener las letras en minúscula

Para la etapa de fundición se utilizan hornos a gas que poseen un soplador, en donde se funden, ver Figura 2.8, los restos depositados en las piscinas de sedimentación, a temperaturas altísimas para luego recuperar lo que queda de oro en el material. Aquí se incorpora bórax, madera, NaCN y otros elementos para formar una placa anódica que se refinará a continuación. Existe una etapa de fundición posterior a la refinación de la que se obtiene el oro propiamente dicho en lingotes o barras.



Figura 2. 8: Proceso de Fundición

Fuente: Gonzaga. L, cianuración por agitación para la disolución de oro de las minas de Ponce Enríquez

Comentario [T34]: letras en minúsculas igual que el nombre de la figura

En la etapa de refinación se obtienen pedazos de material fundido que son enfriados en tinas electrolíticas. Además, por medio de químicos y electricidad, desintegran las placas enfriadas convirtiéndolas en cristales de oro. Estos cristales vuelven a ser fundidos para obtener las barras de oro. (Wotruba, 2009)

CAPÍTULO 3

3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Marco Geográfico

El Cantón Camilo Ponce Enríquez, debe su nombre al presidente del Ecuador en el periodo 1956-1960. Anteriormente tomaba el nombre de caserío “**Rio Siete de Mollepongo**” viene del quechua molle=árbol, pongo=puerta, es decir “Puerta del Árbol”. Mollepongo pasó hacer considerada por los antepasados, una zona de observación y espionaje para las regiones de la costa y sierra, esto se confirma por algunas ruinas

arqueológicas que han sido encontradas en Guilligua y El Cerro Mirador; esta última pertenece hoy en día al cantón Pucará.

En el estudio del área que se contempla del río Siete como protagonista de análisis que pertenece y está ubicado en el cantón Camilo Ponce Enríquez en la provincia del Azuay al sur oeste del país se encuentra entre los ríos Tenguel y Pagua, y se suscita en la ladera del cerro La Rica Ensellada, hacia el Este. Al Norte limita con el río Tenguel, al sur con el río Pagua, al Este limita con el río Nueve de Octubre, y al Oeste desemboca en el canal Jambelí. Las características que presenta el distrito minero del cantón Camilo Ponce Enríquez son montañosas de pendientes pronunciadas, alturas que superan los 1100 m.s.n.m.

Haciendo la referencia al sitio de la orografía que se encuentra rodeado por un lado de altas montañas y las planicies se extienden hasta llegar al Océano Pacífico. La Ilustre Municipalidad del cantón Camilo Ponce Enríquez se considera que los límites se han establecido en 47 comunidades ubicadas en tres zonas agro-ecológicas diferenciadas mediante la altitud de la geografía. La altitud que tiene cada comunidad se establece en tres zonas dentro del cantón, la zona baja que va hasta los 500 metros de altura y corresponde a la zona tropical adecuadamente dicha, en la que están ubicadas 20 comunidades; entre 500 y los 1000 metros de altitud consta la zona media,

contiene un clima subtropical hasta templado, se ubicaron 12 comunidades, y en la zona alta que está a más de 1000 metros de altitud, posee un clima templado a frío en 15 comunidades.

En la figura 3.1 podremos observar la ubicación geográfica del área de estudio del distrito de Camilo Ponce Enríquez, información extraída de la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. (SENPLADES, 2014)

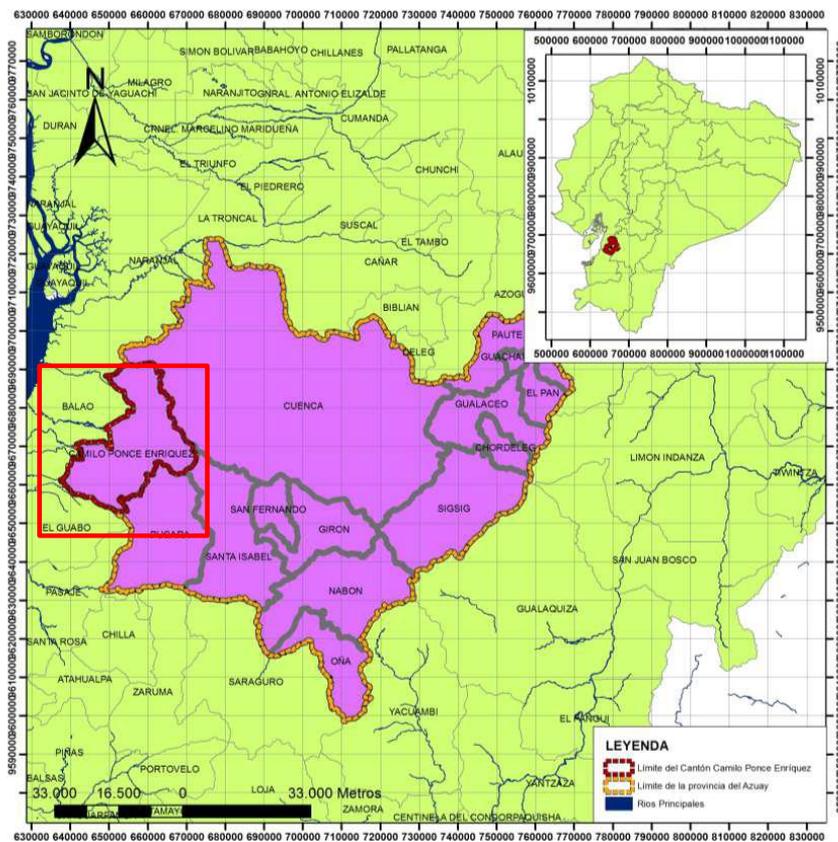


Figura 3. 1: Ubicación del Cantón Camilo Ponce Enríquez
Fuente: Equipo Técnico GADM Camilo Ponce Enríquez (2015)

El territorio de Ponce Enríquez estaba ocupado por hacendados, pero a partir de la Reforma Agraria empieza el proceso de colonización, con corrientes migratorias de gente del Azuay y de El Oro y la Provincia del Guayas, asentando su producción básicamente en actividades agropecuarias con producción de cacao, banano y la actividad ganadera, por otro lado la actividad minera. Inicialmente nace como parroquia de Santa Isabel (1959), luego pasa a hacer parte del cantón Pucará, y el 28 de marzo del 2002 se crea el cantón Camilo Ponce Enríquez, en el gobierno de Gustavo Noboa Bejarano. (Austro, 2011)

3.1.1 Ubicación y Población

3.2 Ubicación

El Cantón Camilo Ponce Enríquez está ubicado al Oeste de la Provincia del Azuay, levantándose sobre la extensa llanura costera de esta provincia. Sus coordenadas en el centro cantonal son: UTM 17 latitud 9661866, longitud 639587 y altura 43 m.s.n.m. Tiene una extensión de 639 Km².

Límites: Al Norte con los cantones Cuenca y Naranjal; al Sur con los cantones El Guabo y Pucará; al Este con los cantones Santa Isabel y Cuenca; y al Oeste con los cantones Guayaquil y Balao Camilo Ponce Enríquez, se encuentra ubicado en el flanco occidental de la cordillera de

Mollepongo. Aunque su constitución como cantón es reciente, su historia está ligada al conjunto provincial en sus inicios la población estaba constituida por pocas familias de la provincia del Azuay.

Posteriormente recibió a moradores provenientes a otras provincias como Guayas, Manabí, Loja, Pichincha, Cañar, lo que permitió una relación cultural con repercusiones en una compleja organización social y política de la localidad. El cantón debe su nombre al señor Doctor Camilo Ponce Enríquez Presidente del Ecuador en el periodo 1956-1960.

La gran mayoría de su gente profesa la religión católica, cuenta con paisajes hermosos, con atractivos naturales que en armonía con la calidez de su gente nos permite conocer más de este joven y próspero cantón. (Austro, 2011)

3.3 Población

La población, es el eje básico del sistema socioeconómico, es el receptor último de las variaciones y alteraciones derivadas de los otros componentes.

Tabla I: Población del Cantón Camilo Ponce Enríquez

Cantón	Sexo	N° de Habitantes	%
Camilo Ponce Enríquez	Hombre	12,211	55,51
	Mujer	9,787	44,49
Total		21,998	100.00

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC 2010)

Comentario [T36]: Fuente debe estar fuera de la tabla

Comentario [T37]: Debe tener tamaño 10

Según el censo de población y Vivienda del 2010, tiene una población de 21,998 habitantes, de los cuales 12.211 son hombres, que corresponde al 55,51% y 9.787 son mujeres, representando el 44,49% total de la población general del cantón tal como podemos observar en la Figura 3.2. De acuerdo a las cifras del VII Censo de Población y VI de vivienda en el año 2010, de la población total de habitantes corresponden a 4400 hogares dentro de los 639 Km², con un promedio de 5 integrantes por familia.



Figura 3.2 Distribución de la población del Cantón Camilo Ponce Enríquez
Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC 2010)

3.4 Marco socio-económico

De acuerdo a la figura 3.3 adjunta referente a la población económicamente activa podemos contar con el siguiente desglose de datos: Tenemos que la principal actividad económica en el distrito de Camilo Ponce Enríquez como era de esperarse es la explotación de minas en las canteras (40.4%) debido a que es una población mayoritariamente rica en minas, mientras que la siguiente actividad económica de mayor realce es la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (28.67%) teniendo estas como actividades primarias.

Las actividades secundarias tales como comercio al por mayor y menor alcanzan un porcentaje del (6.78%) seguido de la construcción con un (3.58%), transporte y almacenamiento con el (2.42%) y Actividades de alojamiento y servicio de comidas con el (2.55%), industrias manufactureras (2.2%).

En las sector terciario tenemos un gran número de actividades tales como enseñanza (1.73%), administración pública y defensa (1.63%), trabajador nuevo (1.09%), información y comunicación (0.16%), actividades financiera y de seguro (0.18%), actividades profesionales científicas y técnica (0.19%), distribución de agua alcantarillado y gestión de desechos (0.11%), suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado (0.06%).

Entre las actividades socio-económicas que fomenta el cantón Camilo Ponce

Enríquez son los siguientes:

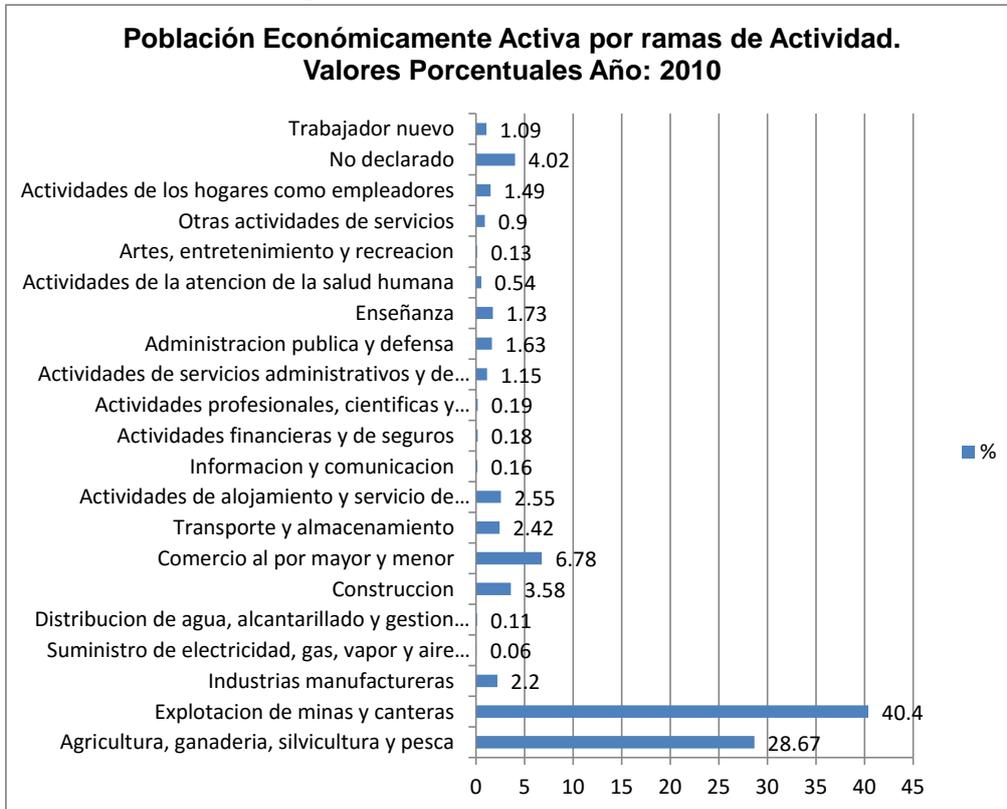


Figura 3.3 Distribución porcentual de las principales actividades del Cantón Camilo Ponce Enríquez

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC 2010)

3.4.1 Minería

Oro extraído en Camilo Ponce Enríquez

La principal actividad económica del cantón es la minería, la mayoría de sus habitantes (40.4%) se han dedicado a esta actividad debido a las ventajas que obtienen: buenos salarios, seguros de vida y horarios flexibles o de acuerdo a las disponibilidades de tiempo del minero.

El incremento de la demanda de la mano de obra ha producido la expansión de la actividad minera, dando como resultado efectos negativos como: contaminación de las aguas de ríos y quebradas, la tala de recursos forestales presentes en bosques primarios ya que estas maderas finas y duras están usando para las galerías de las minas.

La presencia de trabajadores de diferentes regiones del país y del extranjero, ha producido una aculturación desfavorable en los habitantes del cantón.

Sin embargo, la actividad minera llama la atención a muchos visitantes tanto para conocer los procesos de extracción del oro, como para conocer los quehaceres diarios de los mineros y también para observar increíbles paisajes desde sus cordilleras. (SENPLADES, 2014)



Figura 3.4 Sociedades Mineras asentadas en el Cantón Camilo Ponce Enríquez
Fuente: Equipo Técnico GADM Camilo Ponce Enríquez

El sector cuenta con dos tipos de minería, pequeña minería representada por un 14% y minería artesanal representada por un 86% en el sector de Ponce Enríquez, tal como se ilustra en la Figura 3.5. (Renovables, 2014)

La pequeña minería es aquella en la cual incorporan a sus actividades extractivas el uso de palas mecánicas, y otras de poca tecnificación, y aquella también en la que sus predios no alcanzan más de 150 hectáreas. En cambio, la minería artesanal se caracteriza por sus actividades extractivas en que se realizan de forma manual utilizando herramientas sencillas como pico y pala. (Sandoval, 2007)

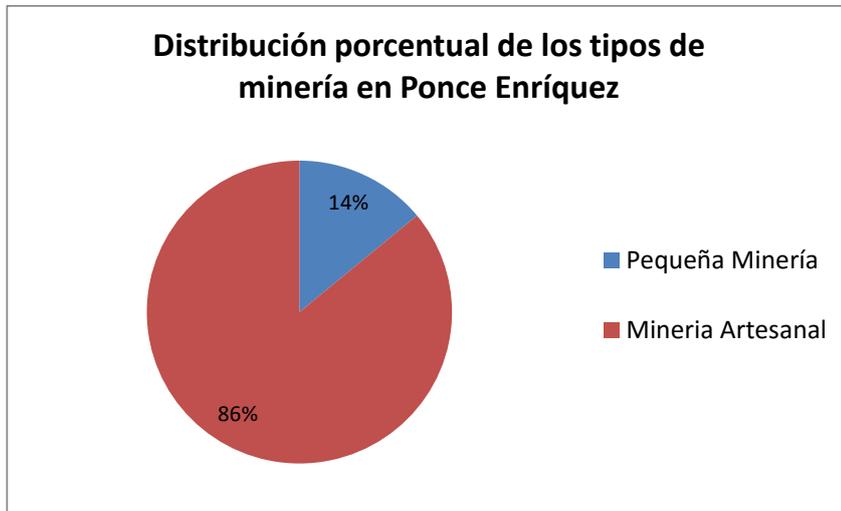


Figura 3.5 Distribución porcentual de los tipos de minería del Cantón Camilo Ponce Enríquez
Fuente: INIGEMM 2011

3.4.2 Agricultura

La agricultura es otra de las bases para la economía del cantón, debido a que sus tierras son aptas para el cultivo del cacao, banano, yuca, cítricos, papayas, caña, maíz, papas y arroz. En la actualidad muchos agricultores están produciendo de forma orgánica estos productos y se hallan ofertando productos como cacao y banano orgánico a Europa.



Figura 3.6 El cultivo de cacao una de las actividades sobresalientes del Cantón Camilo Ponce Enríquez

Fuente: León A. 2015

3.4.3 Ganadería

Los habitantes del cantón se dedican también a la crianza de animales para la venta como el ganado bovino y porcino al igual que aves de corral (gallinas, patos, pavos, gansos, guineas, entre otras). Se menciona la crianza tradicional de cuyes, pero estos destinados más hacia el autoconsumo, la misma que se realiza sin manejo técnico, más bien utilizan su criterio tradicional.



Figura 3.7 La ganadería otra actividad muy relevante del Cantón Camilo Ponce Enríquez
Fuente: León A. 2015

3.5 Aspectos Culturales

La población del cantón mantiene un conjunto de tradiciones y modos de vida que les identifican y les unen, tanto para la celebración de las fiestas y costumbres como para impulsar su desarrollo local.

Entre las principales tradiciones se destacan el uso de la medicina tradicional, para curas del espanto, colerín, gripes.

Las fiestas patronales son representativas en cada una de las comunidades y en el centro cantonal, las principales fiestas patronales en el centro cantonal son:

- Fiestas en Camilo Ponce Enríquez

- Fiestas patronales en honor a la Santísima Virgen de la Natividad que celebran cada 8 de septiembre.
- Fiestas de cantonización que celebran el 28 de marzo.
- Fiestas de su Parroquia se celebra los 16 de Septiembre considerado, Día cívico de celebración cantonal.

Las leyendas y mitos son otra de las tradiciones que los habitantes de las comunidades conservan, entre las principales están: La leyenda de: “El Duende” y de “La Chira”.

3.5.1 Principales atractivos turísticos

El cantón ocupa una gran extensión territorial en la que se identifican 3 pisos climáticos totalmente diferenciados: clima tropical, clima subtropical-templado y frío, encontrando en estos pisos climáticos interesantes atractivos naturales tanto en sus planicies como en sus altas montañas, al igual que culturas y tradiciones autóctonas. Estos son:

- Termas en Camilo Ponce Enríquez
- Aguas termales en camilo Ponce Enríquez
- Hostería en Camilo Ponce Enríquez

Atractivos Naturales

- Río Iñán
- Río Gala
- Río Juntas
- Chorreras El Paraíso • Cascada de Don Quila
- Aguas calientes
- Piedra Lagarto
- Cueva de aguas calientes
- Aguas calientes de la Florida

Atractivos Culturales

Cuevas en Camilo Ponce Enríquez

- Petroglifos
- Muros de Patahuasi
- Muros en Capilla loma
- Tolas de San José del Recreo y Santa Martha
- Explotación minera (Bella Rica, San Gerardo)
- Medicina tradicional
- Creencias populares

- Parteras

Atardecer en Camilo Ponce Enríquez

Atractivos folklóricos

- Fiestas en honor a la Virgen de la Natividad
- Fiesta en honor a la Virgen del Cisne
- Fiestas de cantonización
- Carnavales
- Ferias y exposiciones
- Danza
- Música
- Deportes
- Gastronomía
- Medicina tradicional
- Leyendas

3.6 Climatología

Se caracteriza por la presencia de un clima tropical húmedo, existiendo dos momentos climáticos, el invierno húmedo en los meses de diciembre a abril y el verano seco desde mayo a noviembre.

Además, se registra una formación de varios pisos ecológicos, en los cuales se evidencia tres tipos de climas como son:

Clima tropical megatérmico seco que alcanza hasta los 800 msnm.

Clima tropical megatérmico semi húmedo se ubica entre las curvas de los 800 al 1200 msnm.

Clima Ecuatorial mesotérmico semi húmedo a frío se ubica desde los 1200 hasta los 3600 msnm

3.6.1 Temperatura Media

El cantón Camilo Ponce Enríquez se encuentra localizado en zona semi-húmeda con temperaturas que oscilan entre 9 ° C a 25 ° C.

En la Tabla II podemos observar que los meses más cálidos son los meses de Marzo y Abril y los meses de menor temperatura son los de Agosto y

Septiembre estos datos sobre temperatura han sido tomados de la estación meteorológica de Pagua (M0185).

Tabla II. Promedio de Temperaturas Absoluta y Medias por meses

Temperatura por mes		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Absolutas	Max	32.58	32.60	33.07	32.83	32.50	31.47	30.63	29.67	30.20	29.92	30.20	32.03
	Min	19.54	19.74	20.01	20.13	19.51	19.34	18.29	18.02	18.00	18.87	19.14	19.28
Medias	Max	30.46	30.59	31.27	26.90	30.37	28.05	26.63	26.01	26.03	26.07	26.87	29.18
	Min	21.68	21.57	21.72	21.97	21.90	21.16	20.24	20.13	20.00	20.41	20.30	21.26
	Media Mensual	26.26	26.43	26.92	26.90	26.32	24.84	23.78	23.34	20.13	23.34	23.46	25.37

Fuente: Anuario Meteorológico, Estación Pagua M0185

Comentario [h38]: Unificar con la tabla, corregir el espaciado

En la Figura 3.8 podemos observar que la zona más cálida es hacia el noroeste donde se encuentra la cabecera cantonal y comunidades como Río Blanco, Shagal, San José del Recreo, Adelina, Unión Azuaya, La Florida, Río Balao, Mirador, Shumiral, Nueva Esperanza, San Alfonso, La Independencia, Santa Martha y La López.

Por otro lado las zonas ubicadas hacia el Este del Cantón y de acuerdo a la altura que se encuentren a nivel del mar presentan las temperaturas más bajas que oscilan entre 9°C a 16° C, presentándose en las comunidades en mayor parte de la parroquia de Carmen de Pijilí.

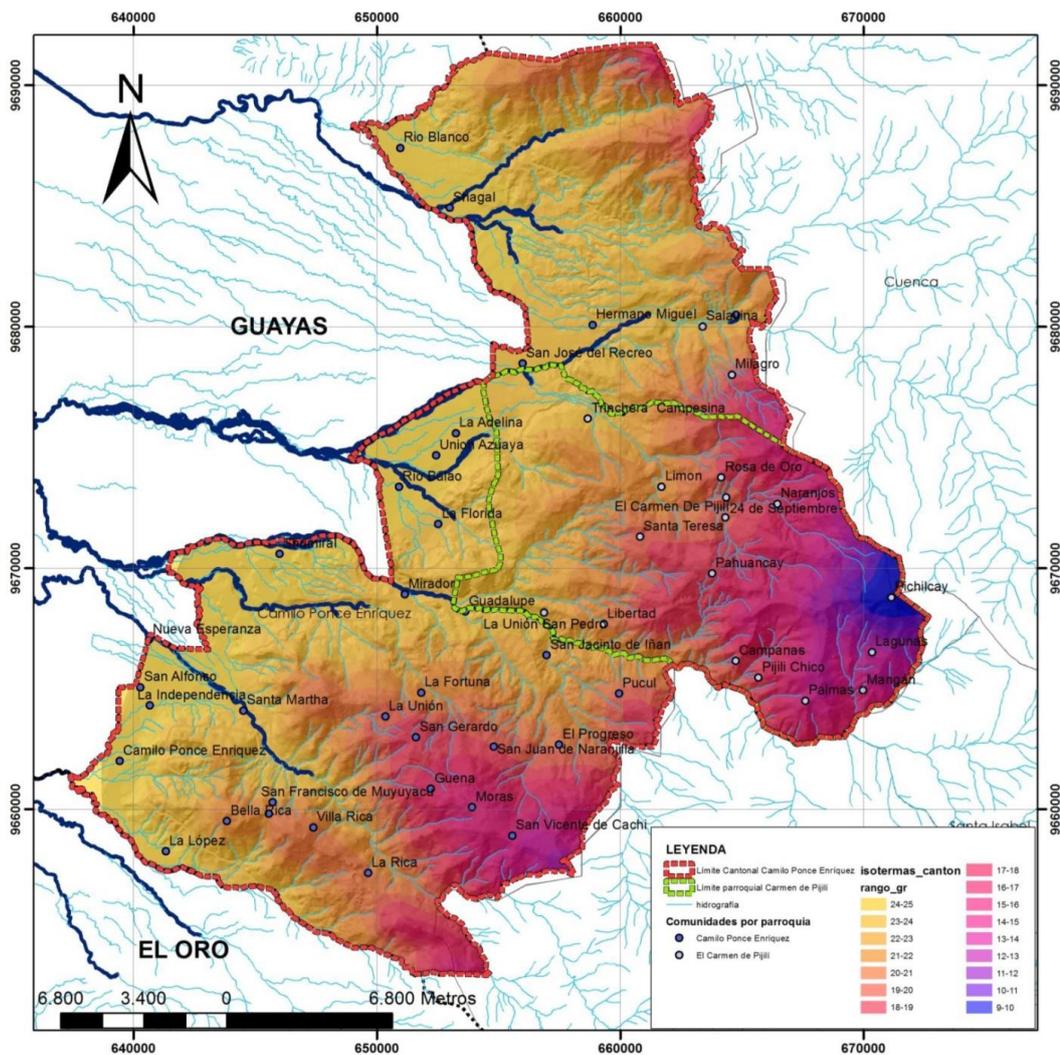


Figura 3.8 Temperaturas en el Cantón Camilo Ponce Enríquez
Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INHAMI).

3.6.2 Precipitación

Para el análisis de las precipitaciones en el área de estudio se consideró la información oficial generada por el Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología – INAMHI. Los datos corresponden a la estación Climatográfica Ordinaria M184 Pagua, la cual se la eligió por su cercanía al Cantón ya que dentro de ella no existe ninguna estación.

La estación de Pagua (M0185) se sitúa a 44 m.s.n.m. y se localiza en las coordenadas 3° 4' 4,11" Sur latitud y 79° 45'25,16" Oeste longitud, en relación al Área de Estudio se encuentra al Suroeste. Por medio de este parámetro se puede conocer el volumen de agua aproximado que se espera en los ríos, para tener un estimado de escurrimiento de precipitaciones. Con un promedio anual del máximo de lluvias durante 24 horas desde el año 1990 a 1999 de 97,7 mm y 110,9 mm en los meses de febrero y marzo respectivamente.

En la Figura 3.9 se muestra la distribución de las precipitaciones en el Cantón Camilo Ponce Enríquez, distinguiéndose tres zonas, una zona de intensas lluvias que van de 1500 – 1250 mm., en el Norte del Cantón cerca de la cabecera cantonal otra al centro del mismo con precipitaciones entre

1000 – 1250 mm., y al Sur con zonas sensiblemente secas que van desde 1000 – 500 mm. (SENPLADES, 2014)

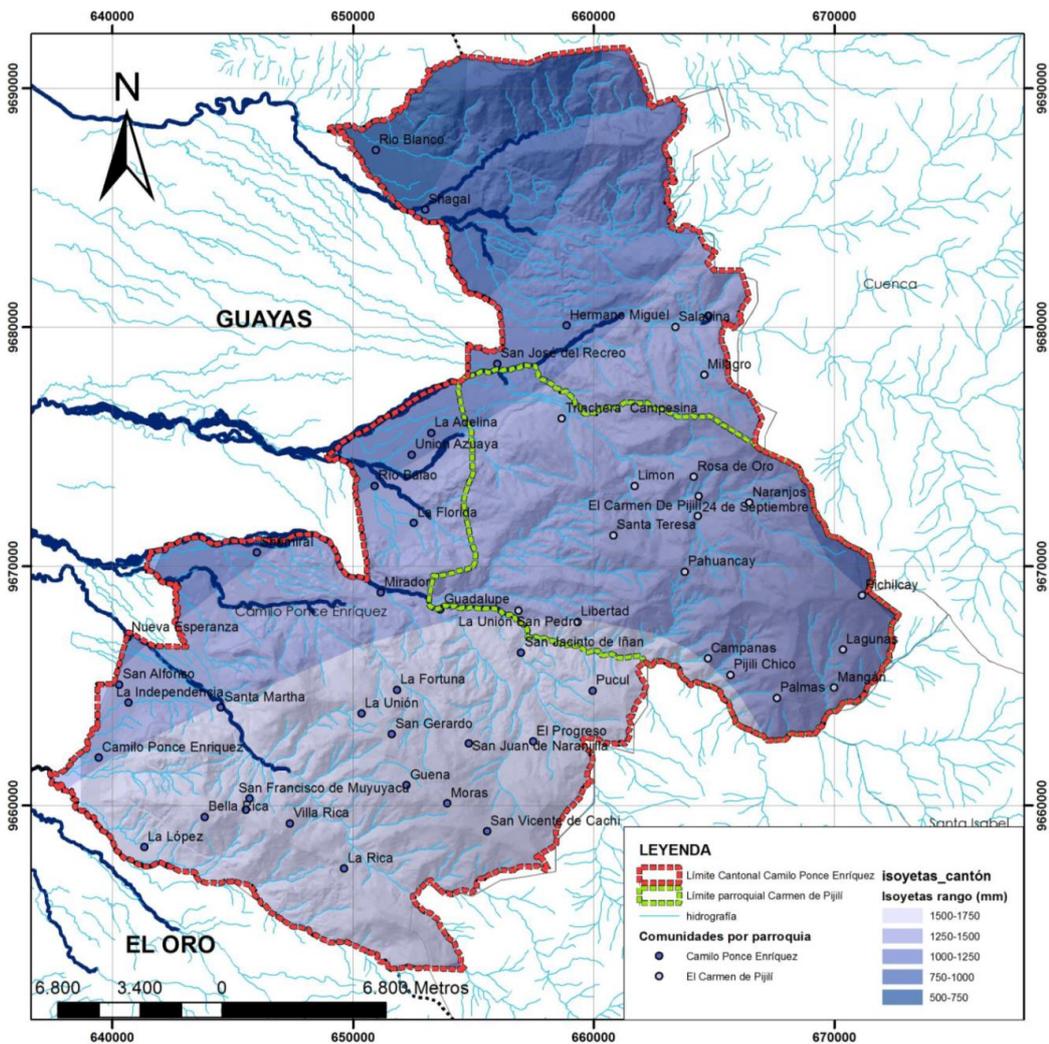


Figura 3.9 Precipitaciones en el Cantón Camilo Ponce Enríquez
Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INHAMI).

3.6.3 Nubosidad

El promedio anual de nubosidad es de 7/8, es decir un alto nivel de nubosidad a lo que favorece la presencia de un frente montañoso donde chocan las columnas gaseosas de la evaporación marina las cuales se ven impedidas de avanzar hacia el este.

3.6.4 Vientos

Los vientos tienen direcciones predominantes SE, SW, NE y NW. En los meses de marzo a abril se presentan las mayores velocidades. Las direcciones SW predominan en los meses de enero a mayo. La velocidad media de los vientos es de 3,7 m/s registrándose velocidades máximas de hasta 8 m/s y velocidades mínimas de 2 m/s.

3.7 Ecosistemas

3.7.1 Bosque siempre verde de tierras bajas

Vegetación arbórea de más de 30 metros de alto con predominancia de especies de las familias: Aracaceae, Moraceae, Meliaceae, Lauraceae y las del orden Fabales. Las epifitas (orquídeas y bromelieas) son importantes.

En el sotobosque están bien representadas las herbáceas de las familias Araceae, Cyclantaceae y Marantaceae. En 0,1 hectáreas se han encontrado más de 100 especies de 2,5 cm. DAP Diámetro a la Altura del Pecho en adelante

Se localiza en forma de remanentes boscosos en varios lugares de la cuenca del Río Guayas, como Palenque y Jauneche en la Provincia de los Ríos, y los bosques entre Naranjal y Ponce Enríquez en las provincias del Guayas y Azuay respectivamente, entre altitudes de 100-300 m.s.n.m.

3.7.2 Bosque siempre verde pie montano

Son bosques con alto endemismo (aproximadamente 10%), como los de la Cordillera de Tenufuerte y de las Montañas de La (Centinela). Los árboles alcanzan más de 30 metros de altura, con una gran concentración de epifitas y un sotobosque arbustivo y herbáceo abundante en las familias Araceae, Heliconaceae, Cyclantaceae, Piperaceae, Orchidaceae y Gesneriaceae. Se ubica en el occidente de las provincias de Cotopaxi, Los Ríos, Bolívar y Azuay Guayas, entre 300 y 1300 msnm.

3.7.3 Bosque siempre verde montano bajo

Comprende los bosques que van de los 1300 m hasta los 1800 msnm. Con un dosel entre 25 a 35 m. En esta faja de vegetación, la mayoría de especies y familias enteras de árboles característicos de las tierras bajas tiende a desaparecer (por ejemplo, Bombacaceae).

En otros casos, éste es el límite superior de su distribución (como en Myristicaceae). Las leñosas trepadoras también disminuyen, tanto el número de especies como en el de individuos, mientras que las epifitas (musgos, helechos, orquídeas y bromelias) se vuelven más abundantes. A 1200

m.s.n.m., en el Azuay se encontró el límite inferior de una especie de palma de cera (*Ceroxylon alpinum*) creciendo junto a bosques de tagua (*Phytlllephas aecuatorialis*). En este tipo de vegetación se encontraron entre 70 y 140 especies leñosas con diámetros de 2,5 cm o más en áreas de 0,1 hectáreas (Cerón, 1993).

3.7.4 Bosque de neblina montano

Se distribuye desde los 1800 hasta los 2800 msnm. Típicamente es un bosque cuyos árboles están cargados de abundante musgo. En esta franja las epífitas, especialmente las orquídeas, helechos y bromelias, son numerosas en especies e individuos registrando su más alta diversidad. En esta parte de la cordillera es difícil separar el bosque de neblina montano alto y la Ceja Andina debido a que la cordillera es muy baja.

3.7.5 Páramo herbáceo

Los páramos herbáceos (pajonales) en esta parte se extienden desde los 2800 m.s.n.m. hasta algo más de los 3000 y raramente hasta los 4000

m.s.n.m. Estos páramos están dominados por hierbas en penachos de los géneros, Calamagrostis, Festuca y varias especies de Stipa.

3.8 Geología

En este acápite se describen las características generales de las unidades geológicas identificadas a nivel de formaciones, así como la litología dominante de las mismas. Esta información esta extraída del Mapa Base de Geología del Ecuador elaborado por el IGM.

Los Andes están conformados por tres zonas geológicas y geomorfológicas: las planicies costeras (Costa) hacia el Occidente; el área central montañosa o Andes propiamente dicho; y las zonas bajas hacia el Este más conocidas como el Oriente.

La Costa es una región con bajo relieve y altura, ubicada al Oeste de la Cordillera Occidental, la cual es uno de los mayores brazos de los Andes ecuatorianos. Gran parte de los terrenos superficiales de la Costa consiste de suelos volcánicos y aluviales cuaternarios.

La Sierra está limitada al Oeste por una zona de sutura (falla Jubones), la misma que marca el límite Oriental de la Costa. La Sierra corre a lo largo del

país aunque tiene solo 150 km de ancho, siendo mucho más delgada que el resto de los Andes. En la Sierra existen tres zonas geológicas geomorfológicas: La Cordillera Occidental, el Valle Interandino y la Cordillera Real.

Existen por lo menos dos interpretaciones sobre el origen de la Cordillera Occidental. Baldock (1982) interpretó la zona como una secuencia de sedimentos de arco volcánico (formación Macuchi), los cuales fueron depositados desde el Cretácico tardío hasta el Eoceno y posteriormente fueron emplazados tectónicamente. El basamento es de corteza continental excepto en el extremo norte. Feininger (1987) también interpretó los sedimentos como de origen volcánico.

El cantón participa de cinco importantes Cuencas hidrográficas las cuales (Jagua, Balao, Gala, Tenguel y Rio Siete) van en forma paralela desde la Cordillera Occidental hasta el Océano Pacífico.

La Cuenca del río Jagua tiene su origen en la Cordillera Occidental, por lo que atraviesa dicha formación, pasando por la Costa hasta desembocar en el Golfo de Guayaquil. El cantón Camilo Ponce Enríquez se localiza dentro de las siguientes formaciones geológicas:

I. Formación Piñón

II. Formación Saraguro

III. Formación Tarqui

3.8.1 Formación piñón

Los afloramientos más extensos ocurren en la Cordillera Chongón Colonche. A lo largo de la Costa central del Ecuador aflora como un cinturón discontinuo. Desde Guayaquil es delineable a través de la Cordillera Chongón Colonche hasta Manta.

Exposiciones esporádicas en la Península de Santa Elena son consideradas olistolitos, hacia el N una serie de afloramientos discontinuos se presentan cerca de la costa al W de Portoviejo; otro segmento se encuentra al NE de Bahía de Caráquez en la región de Jama-Pedernales y en la Cordillera Jama-Mache extendiéndose paralelamente a la costa por 70km. Unas pocas exposiciones, que constituyen los afloramientos más norteños, han sido 58 reconocidas 25 km al SE de Esmeraldas.

En la localidad tipo, en el río Piñón, la Formación está expuesta sobre una distancia de 3 km. Comprende principalmente rocas ígneas básicas:

Diabasa, basalto equigranular de grano fino, aglomerado basáltico, toba, escasos lentes y capas delgadas de agilita y wacke, complejos de diques. También se han observado pilow lavas, hialoclastitas y metabasaltos en la facies de prehnita-pumpellyita. Subyace a la Formación Cayo a través de un contacto variable que va de gradual a discordante angular. Su base no ha sido encontrada, tiene un espesor de al menos 2km. La Formación no tiene fósiles; la edad es muy discutida. Por correlación con la suprayacente Formación Cayo generalmente se le asigna una edad Gálica.

3.8.2 Formación Tarqui

Comprende tobas ácidas caolinizadas, unas intensamente meteorizadas y otras blancas y rojas, que cubren todas las unidades más antiguas del área. Es característica la presencia de abundantes cristales euhedrales piramidales de cuarzo que se encuentran en pequeños bolsillos residuales en la superficie. Se considera equivalente a la Formación Tambo Viejo del Mioceno superior.

3.8.3 Formación Saraguro

Cubre gran parte del sur de la Cordillera Occidental, ocupando la tierra alta al S del Río Cañar y extendiéndose al N hasta Huigra. El Grupo Saraguro es redefinido por Dunkley & Gaibor, 1997, como una secuencia de rocas volcánicas subaéreas, calc-alcalinas, intermedias a ácidas, de edad Eoceno medio tardío a Mioceno temprano. El grupo descansa inconformemente

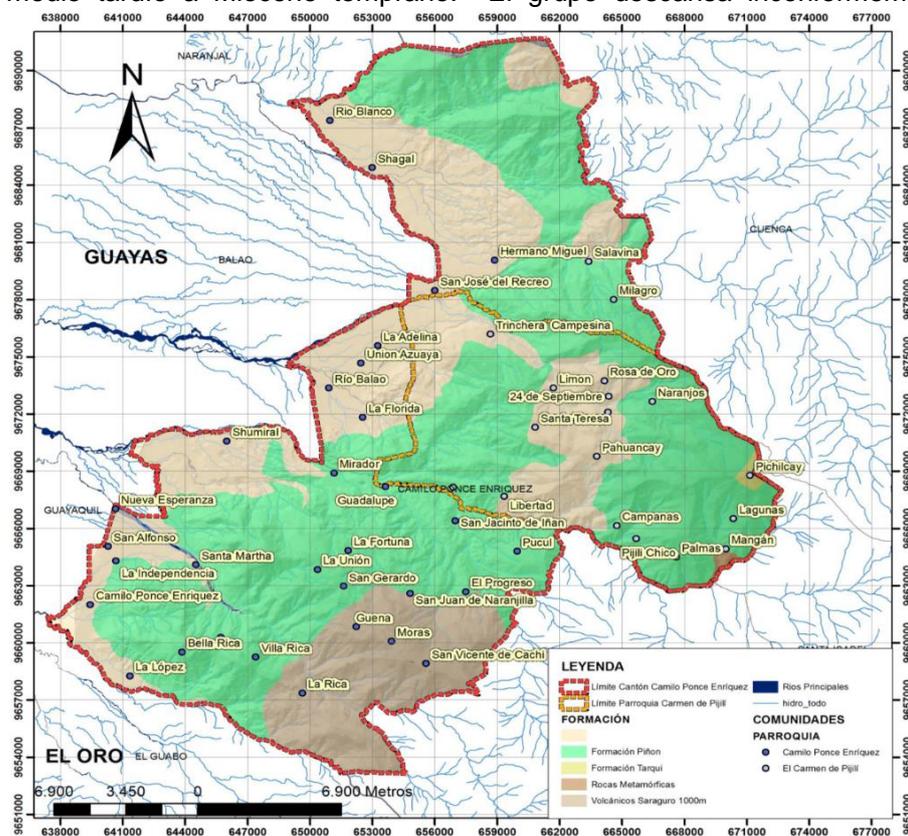


Figura 3.10 Geología en el Cantón Camilo Ponce Enríquez
Fuente: Prefectura del Azuay.

3.9 Hidrología

El río Siete se origina en la ladera del cerro La Rica Ensellada naciendo a partir del río Margarita, tiene aproximadamente 30 Km. de extensión. Al inicio de su extensión, recibe la descarga de la quebrada La Florida y El Paraíso.

En la mitad de su extensión, recibe las aguas del río Nueve de Octubre y el río Fermín, este último, recibe las aguas del río Guanache y del río Villa, que llegan unidos desde el noreste, y al final de su extensión desemboca en el Canal de Jambelí (SENPLADES, 2014)

El promedio mensual de niveles, el nivel promedio del sectores de 0.40 m. Se han registrado niveles máximos de 1.20 m, y mínimos de 0.010 m. Los meses en los cuales hay una mayor actividad en cuanto al nivel corresponden a los meses de enero, febrero, marzo y abril, producto de la estación lluviosa y en los que se presenta un bajo nivel corresponden a los meses de agosto y septiembre, consecuente de la estación seca.

CAPÍTULO 4

4. METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS DEL RÍO SIETE

4.1 Campañas de muestreo

La campaña de muestreo consiste en una caracterización de la aguas del Río Siete para ello se realizó un programa de muestreo en campo en el sitio de estudio del distrito de Ponce Enríquez es un paso muy importante para poder determinar la calidad de un efluente que ha sido contaminado por los diversos tratamientos mineros cercanos al río.

Para el presente trabajo de investigación se realizó una campaña de muestreo en los meses de noviembre - diciembre partiendo de la ciudad de Guayaquil el día lunes 30 de Noviembre en el Campus Espol Prosperina a las 7:00am y retornando el viernes 4 de diciembre a las 17:00pm.

Se obtuvieron un total de 9 tomas de muestras (Ms1 al Ms9) en el Río Siete en esta campaña de muestreo en puntos clave del efluente aproximadamente cada kilómetro haciendo un recorrido total de aproximadamente 10 km, previo a dicha campaña de muestreo se realizó un reconocimiento de campo en donde se realizó un reconocimiento del sitio y toma de coordenadas en donde se realizaron los muestreos.

Cabe recalcar que por cada punto de muestreo se tomaron dos tipos de muestras: Iones Mayoritarios, y otra de metales pesados para después proceder a ser enviada a los Laboratorios Productos Servicios Industriales (PSI) y Laboratorio de Análisis Agrícola

El primer punto (Ms1) fue tomado entre el punto final aguas arriba del Río Margarita, y el punto final (Ms9) fue tomado cercano a la intersección de los Río Siete y Guanache.

4.2 Ubicación de los Puntos de Muestreo

Se realizó una colección total de 9 puntos en toda la extensión del Río Siete, a continuación se mostrara una tabla resumen de los puntos de muestreo realizados para el presente trabajo de investigación:

Tabla III. Codificación y Coordenadas de los Puntos de Muestreo en el Río Siete

Lugar de muestreo	ID de Muestreo	Coordenadas	
		x	y
Río Siete	Ms1	643438	9657043
Río Siete	Ms2	642102	9657537
Río Siete	Ms3	641302	9657434
Río Siete	Ms4	640143	9658211
Río Siete	Ms5	639671	9658906
Río Siete	Ms6	638946	9659570
Río Siete	Ms7	638334	9660218
Río Siete	Ms8	637792	9660862
Río Siete	Ms9	636670	9661522

Fuente: León. A, 2016

Comentario [T39]: Revisar recomendaciones anteriores

Comentario [T40]: Fuente en la parte inferior de la tabla, revisar en todo el documento

4.3 Equipos y Materiales para el muestreo

a) Materiales para la toma de muestras:

Envases de Polietileno de alta densidad de 1L

Sonda Multiparamétrica HACH – HQ 40d

Hielera

Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

Tanque de agua

Hielo (para conservar las muestras)

b) Equipo de seguridad personal:

Mascarillas, guantes, botas

4.4 Tipo de Muestras

Para el presente trabajo de investigación hemos obtenido dos tipos de muestras para determinar la calidad del agua del Río Siete, estas muestras fueron obtenidas en campo en los puntos ya establecidos anteriormente.

En el siguiente esquema (ver Figura 4.1) ilustramos de manera resumida los tipos de muestras que se obtuvieron y por consiguiente se realizará una explicación sobre cada tipo de muestra

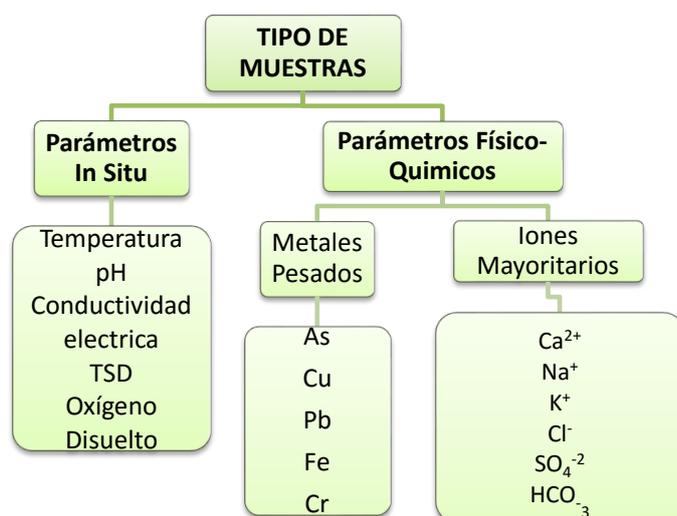


Figura 4.1 Esquema sobre los Tipos de Muestras realizadas en el sector Río Siete
Fuente: León. A, 2016

Se realizaron mediciones In Situ obligatoriamente ya que son medidas más susceptibles a la variación de sus valores dependiendo de la condición climática, en nuestro caso necesitamos los valores de dichos parámetros del sitio donde fueron escogidos por tal motivo mediante la Sonda Multiparamétrica HACH – HQ 40d pudimos obtener los valores de los parámetros físicos ya mencionados, los parámetros físico-químicos son analizados en laboratorios especializados bajo estrictas normas dependiendo del país en donde se obtengan.

4.5 Identificación de Muestras

Para identificar las muestras en los envases esterilizados se colocaron etiquetas realizadas en papel A4 como se indica en la figura 4.2, estas etiquetas debían contener la información:

- Tipo de muestra,
- Numero de muestra,
- Las coordenadas geográficas de cada punto.

Además se realizó una base de datos en donde se ubicó hora, temperatura ambiente, la temperatura de la muestra de agua, el oxígeno disuelto el total de solidos disueltos y todos los datos geográficos que identifiquen el punto de muestreo, es importante verificar los puntos de posicionamiento geográfico con la ayuda del GPS ya que es muy importante estar exactamente en los puntos ya seleccionados en la primera visita técnica al distrito de Ponce Enríquez.

MS1	
X:	642945,925
Y:	9657229,299
± iones mayoritarios	

Figura 4.1 Etiquetas para envases de la toma de muestras
Fuente: León. A, 2016

CAPÍTULO 5

5. INTERPRETACIÓN Y RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS

5.1 Interpretación de Datos

En este capítulo se procederá a conocer las propiedades físico-químicas de las muestras de agua del sector Río Siete del Cantón Camilo Ponce Enríquez, se presentaran los resultados finales analizados en los Laboratorios PSI y Laboratorio de Análisis Agrícola se interpretaran los resultados finales obtenidos.

Para el análisis de las muestras se ha considerado los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA): Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Tabla 2: Criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario, además para la clasificación por punto de muestreo del recurso hídrico. Se utilizó un software de apoyo Diagrammes, un software realizado por la UNIVERSITÉ D'AVIGNON UFR-ip Sciences, Technologies, Santé de Francia y sirve para proceder a realizar el diagrama de Piper que determinara la Clasificación del Agua.

5.2 Interpretación Físico-Química

La interpretación de los resultados de análisis físico-químico se refiere a determinar en qué medidas se encuentran distribuidos diversos componentes en el agua mediante procedimientos estándares realizados en los laboratorios especializados.

Los métodos de ensayos químicos utilizados en el Laboratorio PSI son avalados por organismos internacionales como la EPA que define los

Métodos Estándares aprobados para la determinación de contaminantes inorgánicos en aguas residuales y de consumo humano (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater-SM) y además la mayoría de sus parámetros son acreditados por la SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriana).

A continuación se presentara en la tabla IV y V el resumen de los parámetros correspondiente a analizar en cada uno de los laboratorios PSI Y Laboratorio de Análisis Agrícola y el método estándar a utilizar para realizar el análisis físico-químico.

Tabla IV: Parámetros de metales pesados realizados en el Laboratorio de Análisis Agrícola y los métodos empleados para los respectivos análisis del sector de Río Siete

Laboratorio de Análisis Agrícola	
Parámetro	Método de Análisis
Ca	Volumétrico EDTA
Na	Volumétrico
K	Absorción Atómica
Cl	Volumétrico
SO ₄	Turbidimétrico
HCO ₃ ⁻	Volumétrico

Fuente: León. A, 2016

Tabla V: Parámetros Iones Mayoritarios realizados en el Laboratorios Productos Servicios Industriales (PSI) y los métodos empleados para los respectivos análisis del sector de Río Siete

Laboratorio de Análisis Agrícola	
Parámetro	Método de Análisis
As	MEAG-34 APHA 3114 As B
Cu	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37
Cr	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37
Fe	USEPA 1 Ferro Ver® Method2
Pb	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37

Fuente: León. A, 2016

Potencial de Hidrógeno en los puntos de muestreo (pH)

El pH es un factor muy importante, porque determinados procesos químicos solamente pueden tener lugar a un determinado pH. Por ejemplo, las reacciones del cloro solo tienen lugar cuando el pH tiene un valor de entre 6,5 y 8. El pH es un indicador de la acidez de una sustancia. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno (H+) en una sustancia.

La acidez es una de las propiedades más importantes del agua. El agua disuelve casi todos los iones. El pH sirve como un indicador que compara algunos de los iones más solubles en agua, en nuestro caso es muy importante el nivel del pH del sector del Río Siete porque afecta la disponibilidad de nutrientes, la solubilidad de sustancias y cómo estas sustancias serán utilizadas por los organismos acuáticos. (Lenntech, 2014) Para nuestro estudio obtenemos una variación de potencial de hidrogeno que se muestra en la figura 5.1 de acuerdo a nuestros resultados el potencial de hidrogeno tiene una variación entre 7.5 a 7.97 nos encontramos en un rango de una agua ligeramente alcalina.

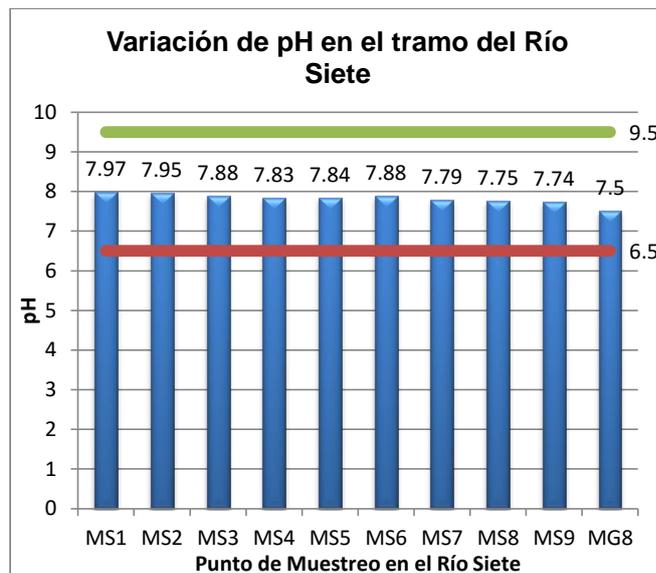


Figura 5.1 Variación de pH en los puntos de muestreo del Río Siete
Fuente: León. A, 2016

El Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA): Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Tabla 2, establece un rango de límite máximo permisible para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario de 6.5 a 9.5.

En nuestro caso el Río Siete debido a que los valores de pH son cercanos a la neutralidad, la variación espacial de pH no es considerada significativa por lo que se acerca al valor neutral del pH que es 7, por lo tanto estos valores favorecen el crecimiento y supervivencia de especies acuáticas.

La dureza del agua se puede definir como la concentración total de iones calcio y de iones magnesio (Ca^{2+} y Mg^{2+}), los dos cationes divalentes más habituales en un agua natural; en realidad, podríamos definir la dureza como la suma de todos los cationes polivalentes, pero son con mucha diferencia calcio y magnesio los que tienen importancia en la dureza global de un agua. Así, podríamos escribir, simplemente:

$$\text{Dureza (M)} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]$$

Sin embargo, es muy frecuente que esta dureza se determine o se indique como masa de carbonato cálcico en miligramos por cada litro de disolución, es decir, mg CaCO_3/L . ¿Significa esto que todo el calcio presente en un

agua dura proviene de carbonato cálcico? No, solo que, por convenio, suele tratarse como si así fuera; es más, se considera como si todo el calcio estuviese en forma de carbonato calcio y el magnesio también fuese carbonato cálcico. Así, existe otra fórmula que permite indicar la dureza en mg/L de CaCO₃ conociendo las concentraciones en mg/L de Ca²⁺ y de Mg²⁺, que es la siguiente:

$$\text{Dureza (mg/L) CaCO}_3 = 2,50 [\text{Ca}^{2+}] + 4,16 [\text{Mg}^{2+}]$$

Para determinar la dureza del agua se ha tomado en cuenta los siguientes rangos permisibles ilustrado en la tabla VI.

Tabla VI: Dureza del Agua rangos permisibles

Dureza del Agua	CaCO ₃ (mg/l)
Suave	0 – 75
Poco Dura	75 – 150
Dura	150 – 300
Muy Dura	> 300

Fuente: Lenntech – Water Treatment

Para nuestro estudio se analizó por cada punto de muestreo la dureza del agua como se lo muestra en la tabla VII, podemos observar que en su mayoría a lo largo del tramo del río (Ms2 al Ms9) obtenemos un agua dura mientras que en el primer punto Ms1 obtenemos un Agua suave es decir con menos cantidad de iones de Calcio y Magnesio.

Tabla VII: Dureza en el agua del Río Siete

Muestra	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	CaCO ₃ (mg/l)	Resultado
Ms1	5.01	7.8975	45	Suave
Ms2	43.086	17.6175	181	Dura
Ms3	43.086	17.6175	181	Dura
Ms4	41.082	17.6175	176	Dura
Ms5	41.082	17.6175	176	Dura
Ms6	44.088	16.4025	178	Dura
Ms7	43.086	17.6175	181	Dura
Ms8	50.1	18.225	201	Dura
Ms9	47.094	19.44	199	Dura

Fuente: León. A, 2016

Como se puede observar en la Figura 5.2 tenemos la variación de oxígeno disuelto y total de sólidos disueltos en el agua del Río Siete teniendo un valor mínimo de oxígeno disuelto de 6.21 mg/l en el punto de muestra Ms6 y un valor máximo de 8.08 mg/l en el punto Ms1, por lo general los valores típicos de oxígeno disuelto en el agua oscilan entre 7 a 12 mg/l por lo que podemos decir que el agua está apta para la vida vegetal y animal, un índice bajo de oxígeno disuelto significaría que el agua no está apta para la vida vegetal o animal. También podemos observar en el Total de Sólidos Disueltos tenemos un valor mínimo de 37.1 mg/l en el punto Ms1 y un valor máximo de 237 mg/l en el punto Ms8 debido a procesos de sedimentación, este material fino puede bloquear las branquias de los peces y transportar contaminantes y patógenos.

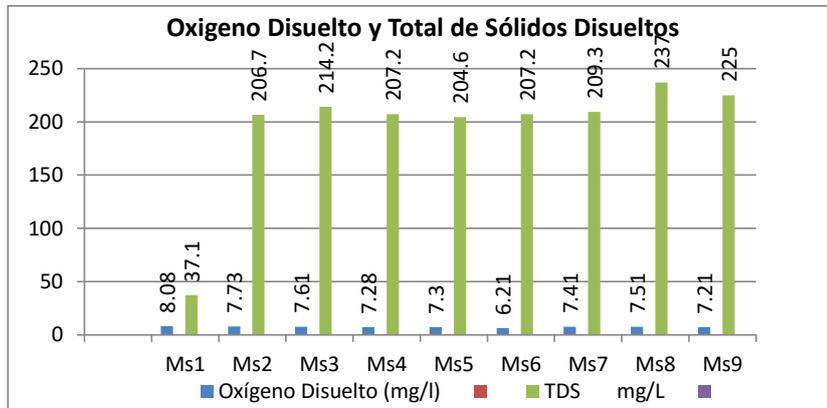


Figura 5.2 Variación del Oxígeno Disuelto y Total de Sólidos Disueltos
Fuente: León. A, 2016

Como se observa en la Figura 5.3 tenemos la variación de conductividad del Río Siete obteniendo un valor mínimo de 79.8 us/cm en el punto Ms1 y un valor máximo de 480us/cm en los puntos Ms8 y Ms9, en relación con dureza del agua en un rango de 150mg/l de CaCO₃ y de 300 a 500 us/cm podemos determinar que tenemos presencia de agua ligeramente dura.

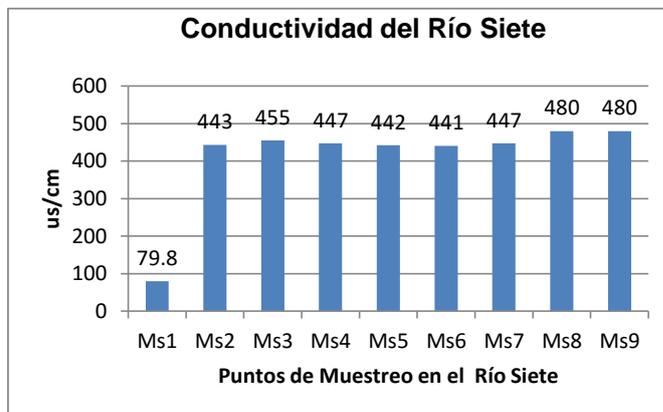


Figura 5.3 Variación del Oxígeno Disuelto y Total de Sólidos Disueltos
Fuente: León. A, 2016

Los niveles de temperatura oscilan entre 24 a 32 °C como nos podemos dar cuenta en la Figura 5.4 tenemos un valor mínimo de 25.5 °C en el punto Ms8 podemos deducir que son rangos admisible para la vida acuática tanto animal como vegetal ya que son temperaturas que no exceden los 30°C, una temperatura alta podría afectar a la vida animal y vegetal

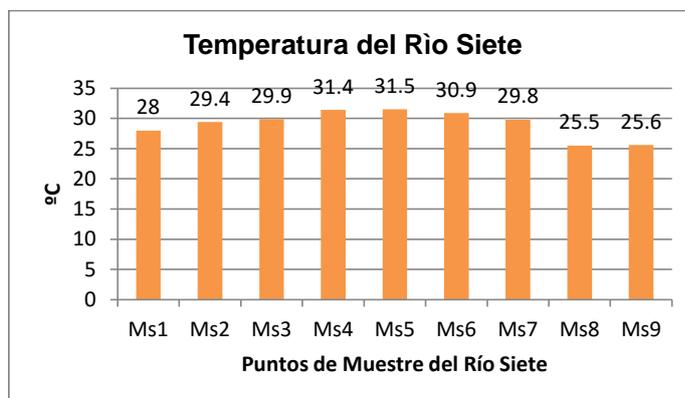


Figura 5.4 Variación del Oxígeno Disuelto y Total de Sólidos Disueltos
Fuente: León. A, 2016

Como podemos observar en la Figura 5.5 tenemos la variación de Sodio, Potasio y Cloruros, con un valor mínimo de Sodio de 2.3 mg/l en el punto Ms9 y un valor máximo de 3.2 mg/l en el punto Ms3, por otro lado tenemos las concentraciones de Potasio con un valor mínimo de 0.8 mg/l en el punto Ms1 y un valor máximo de 21.1 mg/l y finalmente tenemos al Cloro con un valor mínimo de 3.9 mg/l en los punto Ms1 y Ms4 y un valor máximo de 8.2 mg/l en el punto Ms8.

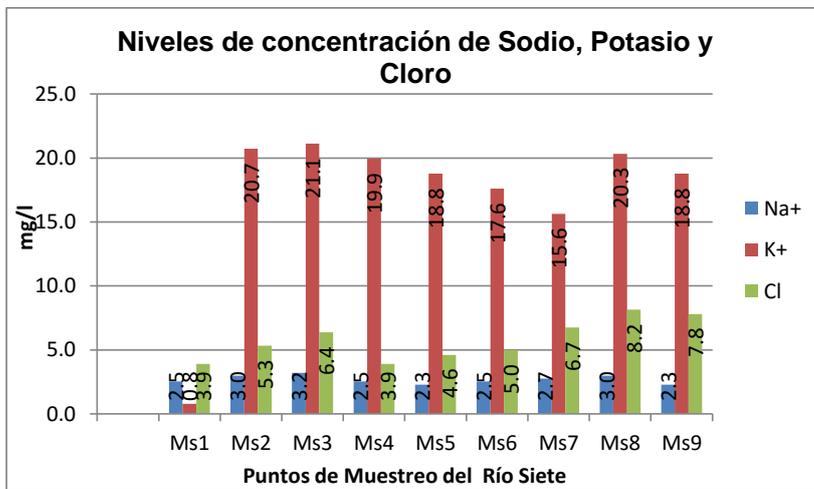


Figura 5.4 Variación de Sodio, Potasio y Cloro

Fuente: León, A, 2016

Comentario [T41]: Letra tamaño 10 en minúscul, uniformidad en toda<s las referencias

5.3 Metales Pesados

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad alta. Son en general tóxicos para los seres humanos y entre los más susceptibles de presentarse en el agua destacamos mercurio, níquel, cobre, plomo y cromo.

El incremento de concentración en las aguas de estos compuestos se debe principalmente a contaminación puntual de origen industrial o minero. Los lixiviados de vertederos o vertidos de aguas residuales pueden ser asimismo una fuente de contaminación.

Cabe recalcar también que en algunos casos existen aguas que sufren un proceso de enriquecimiento natural en metales pesados al atravesar acuíferos formados por rocas que los contienen en su composición. Hay que señalar que la presencia de estos elementos es muy poco habitual y de aparecer lo hacen mediante trazas, es decir, en concentraciones muy por debajo del límite legal estipulado para aguas de consumo humano.

Como fuente de abastecimiento se utilizan, siempre que sea posible, captaciones que en origen cumplen con el límite de concentración establecido por la legislación vigente al respecto. Sin embargo existen zonas en la que esto no puede hacerse, debido a la presencia generalizada de una concentración elevada de algún metal pesado en las aguas subterráneas/superficiales de esa área. En esos casos se realiza un tratamiento secundario permitido por la autoridad sanitaria que elimine el metal. El Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), Anexo 1, Tabla 2: Criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario, nos dan unos valores de límites máximo permisible de los metales pesados analizados en este trabajo de investigación a continuación en la Tabla VIII detallaremos los valores de límites máximos permisibles establecidos por el TULSMA.

Tabla VIII: Valores de límites máximo permisible establecido por el TULSMA Anexo 1 Tabla II

Parámetros	Límite máximo permisible (mg/l)
Arsénico	<0.05
Cobre	<0.005
Cromo	<0.032
Hierro	<0.3
Plomo	<0.001

Fuente: Acuerdo Ministerial 061, Ministerio del Ambiente (MAE)

Además de comparar los resultados obtenido por el laboratorio con el Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), se ha tomado como referencia las normas de dos países Latinoamericano como son Perú ((ECA - Estándares de Calidad Ambiental Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM)) y Colombia (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, RESOLUCIÓN 0631 – 7/MARZO/2015). Se han tomado en cuenta las normativas establecidas para la calidad de agua de efluentes de estos países ya que tienen un alto potencial minero al igual que Ecuador en especial en el Cantón Camilo Ponce Enríquez.

En las tablas IX y X se mostrará los valores máximos permisibles de las normativas de los Países de Perú y Colombia para los metales pesados a analizar de respectivamente.

Tabla IX: Valores de límites máximo permisible establecido por ECA - Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM – Categoría 4

ECA (Estándares de Calidad Ambiental) Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM	
Parámetro	Límite Máximo Permisible (mg/l)
Arsénico	< 0.15
Cobre	< 0.1
Cromo	< 0.011
Hierro	< 0.3
Plomo	< 0.0025

Fuente: El Peruano – Poder Ejecutivo, Ambiente

Tabla X: Valores de límites máximo permisible establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Resolución 0631

NORMA DE EMISION PARA LA REGULACION DE CONTAMINANTES ASOCIADOS A LAS AGUAS MARINAS Y CONTINENTALES SUPERFICIALES - Decreto 90	
Parámetro	Límite Máximo Permisible (mg/l)
Arsénico	< 0.5
Cobre	< 1
Cromo	< 0.05
Hierro	< 5
Plomo	< 0.05

Fuente: MINAMBIENTE.GOV

Comentario [T42]: Texto en minúsc

Arsénico

En la tablas XI y XII se muestran los resultados obtenidos de las concentraciones de arsénico obtenidos por los laboratorios LAB-PSI y a su vez realizaremos comparaciones con la normativa de los países Perú (ECA-MINSA) y Colombia (MINAMBIENTE) respectivamente.

Tabla XI: Resultados de análisis LAB-PSI Arsénico y comparación con la norma de Perú (ECA-MINSA)

Puntos	Resultados	Limite Máximo Permissible	
		TULSMA (mg/l)	ECA-MINSA (mg/l)
Ms1	0.002	0.1	0.15
Ms2	0.002	0.1	0.15
Ms3	0.002	0.1	0.15
Ms4	0.002	0.1	0.15
Ms5	0.002	0.1	0.15
Ms6	0.002	0.1	0.15
Ms7	0.002	0.1	0.15
Ms8	0.002	0.1	0.15
Ms9	0.002	0.1	0.15

Fuente: León, A. 2016

Tabla XII: Resultados de análisis LAB-PSI Arsénico y comparación con la norma de Colombia (MINAMBIENTE)

Puntos	Resultados	Limites	
		TULSMA	MINAMBIENTE
Ms1	0.002	0.1	0.1
Ms2	0.002	0.1	0.1
Ms3	0.002	0.1	0.1
Ms4	0.002	0.1	0.1
Ms5	0.002	0.1	0.1
Ms6	0.002	0.1	0.1
Ms7	0.002	0.1	0.1
Ms8	0.002	0.1	0.1
Ms9	0.002	0.1	0.1

Fuente: León, A. 2016

En Figuras 5.5 y 5.6 se muestran las concentraciones de arsénico en los puntos de muestreo del Ms1 al Ms9 así mismo comparados con las normativas de los países Perú y Colombia respectivamente en este caso no existen valores máximos y mínimos debido a que son valores constante de concentración de 0.002 mg/l en todo el trayecto del rio, el cual según la Tabla II del Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) cumple con los valores de Limites Máximo Permisible que establece la normativa.

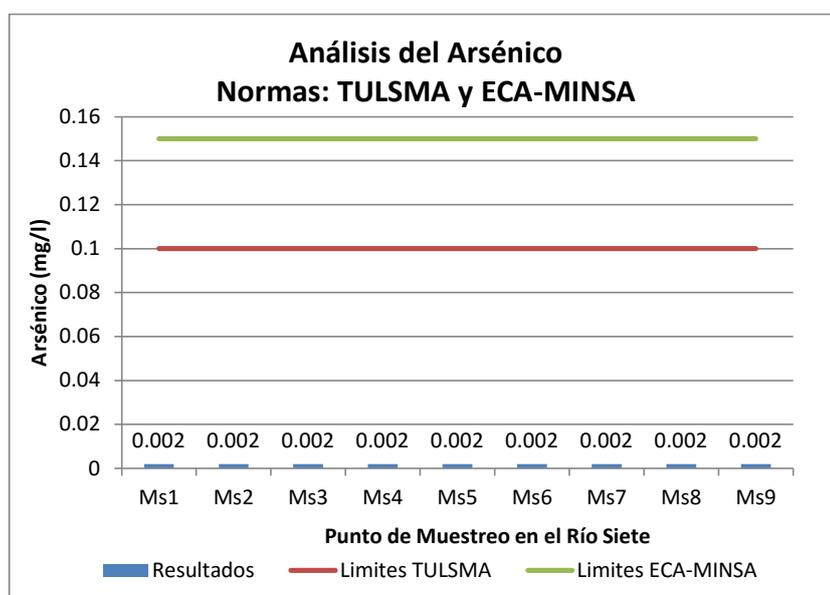


Figura 5.5 Concentración de Arsénico en el Río Siete y comparación con las normas TULSMA y ECA-MINSA
Fuente: León, A. 2016

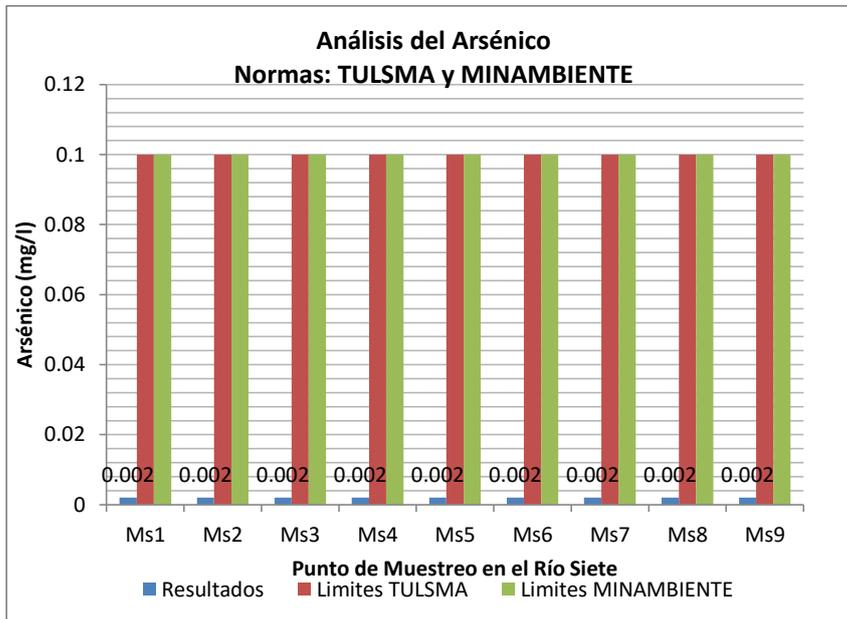


Figura 5.6 Concentración de Arsénico en el Río Siete y comparación con las normas TULSMA y MINAMBIENTE
Fuente: León, A. 2016

Como podemos observar en la Figura 5.5 las concentraciones de arsénico cumplen tanto para las Normas de Ecuador y Perú coinciden en los valores de límites máximos permisibles (0.1mg/l) obteniendo así seguridad de que no existe contaminación por arsénico (As) en el sector de Río Siete, de la misma manera observamos en la Figura 5.6 las concentraciones de arsénico están por debajo de los límites máximo permisible de las Normas de Ecuador y Colombia cumpliendo también con lo requerido.

El arsénico es un elemento natural de la corteza terrestre; ampliamente distribuido en todo el medio ambiente, está presente en el aire, el agua y la tierra. En su forma inorgánica es muy tóxico. (OMS)

El arsénico presente en las aguas superficiales y subterráneas se encuentra debido a la utilización excesiva de productos relacionados con de diversas actividades que realiza el ser humano tales como agrícolas, la jardinería y limpieza de malezas mediante los fungicidas, insecticidas y plaguicidas. En su mayoría estos productos presentan un alto contenido de arsénico como compuesto tóxico, porque su utilización está indicada para erradicar diversas plagas. (Frers, 2007)

El arsénico existe tanto en forma orgánica como inorgánica. Los compuestos de arsénico inorgánico (como los que se encuentran en el agua) son extremadamente tóxicos, en tanto que los compuestos de arsénico orgánico (como los que se encuentran en pescados y mariscos) son menos perjudiciales para la salud humana y para la vida acuática.

En el ser humano la presencia de arsénico ya sea por consumir un alimento que haya sido contaminado incluso por recreación haberse sumergido en un río, puede ser letal con el pasar del tiempo llegaría a producir cáncer de piel. (OMS)

Las actividades mineras pueden incrementar la velocidad de liberación de arsénico a partir de sulfuros minerales porque los exponen a procesos de meteorización durante las tareas de excavación. La fundición de cobre y oro, así como la combustión de carbón, producen polvo de arsénico. (Mulligan, 2006)

Actualmente se utilizan varias tecnologías para atrapar y eliminar el arsénico de las pilas de fundición y de los relaves (colas) de las minas. Para controlar de forma efectiva la contaminación del aire en las fundiciones, se pueden usar limpiadores, colectores electrostáticos y filtros de bolsa que son capaces de eliminar hasta el 99.7% del polvo y humo producidos durante el proceso de tostación y fundición. (Valero, 2007)

Cobre

Podemos observar en las Tablas XIII y XIV se muestran los resultados obtenidos de las concentraciones de Cobre obtenidos por los laboratorios LAB-PSI y a su vez realizaremos comparaciones con la normativa de los países Perú (ECA-MINSA) y Colombia (MINAMBIENTE) respectivamente.

Tabla XIII: Resultados de análisis LAB-PSI de Cobre y comparación con la norma de Perú (ECA-MINSA)

Puntos	Resultados	Límites Máximos Permisibles	
		TULSMA (mg/l)	ECA-MINSA (mg/l)
Ms1	0	0.005	0.1
Ms2	0.3	0.005	0.1
Ms3	0.24	0.005	0.1
Ms4	0.25	0.005	0.1
Ms5	0.23	0.005	0.1
Ms6	0.29	0.005	0.1
Ms7	0.18	0.005	0.1
Ms8	0	0.005	0.1
Ms9	0	0.005	0.1

Fuente: León, A. 2016

Tabla XIV: Resultados de análisis LAB-PSI de Cobre y comparación con la norma de Colombia (MINAMBIENTE)

Puntos	Resultados	Límites Máximos Permisibles	
		TULSMA (mg/l)	MINAMBIENTE (mg/l)
Ms1	0	0.005	1
Ms2	0.3	0.005	1
Ms3	0.24	0.005	1
Ms4	0.25	0.005	1
Ms5	0.23	0.005	1
Ms6	0.29	0.005	1
Ms7	0.18	0.005	1
Ms8	0	0.005	1
Ms9	0	0.005	1

Fuente: León, A. 201

Se puede observar en las Figuras 5.7 y 5.8 las concentraciones de cobre en todos los puntos de muestreo del Río Siete a su vez se realizó las respectivas comparaciones con las normativas de los países Perú y Colombia respectivamente, obteniendo un valor mínimo de 0.18 mg/l en el punto de muestreo Ms7 y un valor máximo de concentración de 0.3mg/l en el

punto Ms2, además podemos observar que en los puntos Ms1, Ms8 y Ms9 no se encontró presencia de Cobre.

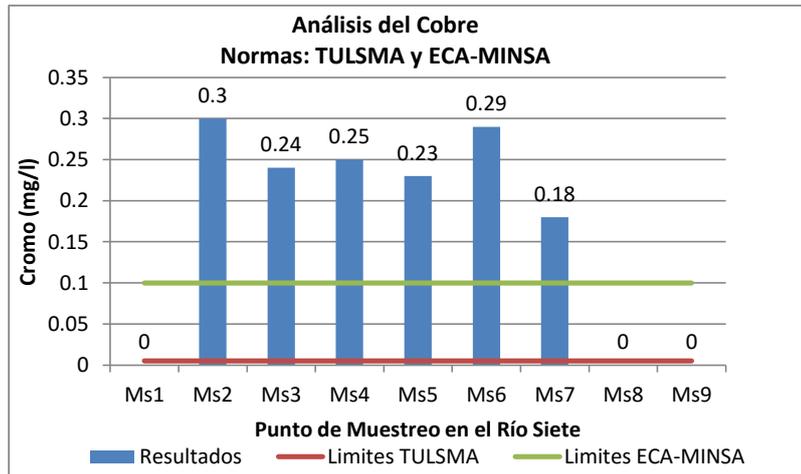


Figura 5.7 Concentración de Cobre en el Río Siete y comparación con las normas TULSMA y ECA-MINSA
Fuente: León, A. 2016

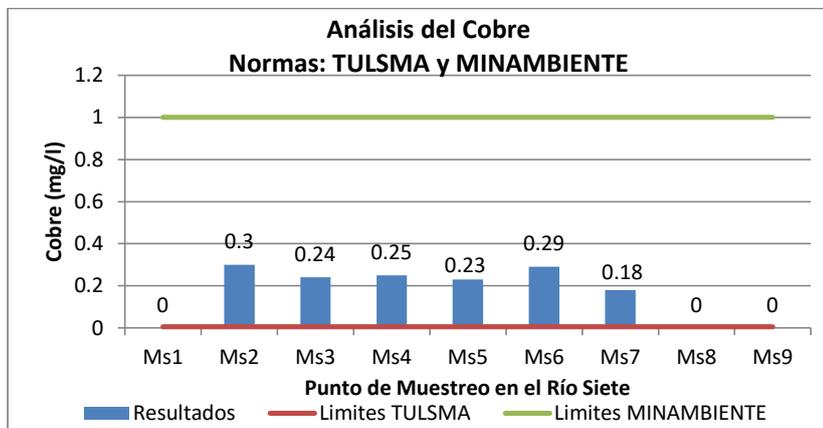


Figura 5.8 Concentración de Cobre en el Río Siete y comparación con las normas TULSMA y MINAMBIENTE
Fuente: León, A. 2016

El Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) nos da un valor de límite máximo permisible de 0.005mg/l por lo cual se puede observar que los resultados obtenidos por el laboratorio sobrepasan los límites permisibles y por lo tanto existe contaminación por cobre en los puntos de muestreos excepto los puntos Ms1, Ms8 y Ms9.

Podemos observar que en la Norma ECA-MINSA - Perú el límite máximo permisible es de 0.1 mg/l, esto quiere decir que también sobrepasa los límites de dicha norma y un Río con estas características físico-químicas en este país también estaría contaminado por cobre, mientras que en la Norma MINAMBIENTE – Colombia tenemos un valor de límite máximo permisible de 1mg/l y no alcanza los valores máximos de límite permisible, esto quiere decir que si cumple con la norma y en este país un río con estas propiedades físico-químicas si cumpliría con los estándares de calidad dictados por la norma de Colombia.

La presencia de cobre en un sistema de abastecimiento de agua de consumo se debe, por lo general, a la acción corrosiva del agua que disuelve las tuberías de cobre.

Las concentraciones pueden sufrir variaciones significativas en función del tiempo que el agua haya estado retenida en contacto con las tuberías; por ejemplo, una muestra de agua tomada nada más abrir el grifo tendrá, previsiblemente, una concentración de cobre mayor que una tomada después de que haya corrido el agua abundantemente. Las concentraciones altas pueden interferir con los usos domésticos previstos del agua.

El cobre en el agua de consumo puede aumentar la corrosión de accesorios de acero y hierro galvanizados. Cuando la concentración de cobre del agua es mayor que 1 mg/l, mancha la ropa lavada y los aparatos sanitarios. A niveles mayores que 5 mg/l, el cobre también tiñe el agua y confiere un sabor amargo no deseado. Aunque el cobre puede conferir sabor al agua, es seguramente aceptable a concentraciones iguales al valor de referencia basado en efectos sobre la salud

Hierro

Podemos observar que en las Tablas XV y XVI se muestran los resultados obtenidos de las concentraciones de Hierro obtenidos por los laboratorios LAB-PSI y a su vez realizaremos comparaciones con la normativa de los países Perú (ECA-MINSA) y Colombia (MINAMBIENTE) respectivamente.

Tabla XV: Resultados de análisis LAB-PSI de Hierro y comparación con la norma de Perú (ECA-MINSA)

Puntos	Resultados	Límites	
		TULSMA (mg/l)	ECA-MINSA (mg/l)
Ms1	2.08	0.3	0.3
Ms2	6.33	0.3	0.3
Ms3	6.09	0.3	0.3
Ms4	6.58	0.3	0.3
Ms5	6.04	0.3	0.3
Ms6	5.88	0.3	0.3
Ms7	6.28	0.3	0.3
Ms8	0.27	0.3	0.3
Ms9	0.12	0.3	0.3

Fuente: León, A. 2016

Tabla XVI: Resultados de análisis LAB-PSI de Hierro y comparación con la norma de Colombia (MINAMBIENTE)

Puntos	Resultados	Límites	
		TULSMA (mg/l)	MINAMBIENTE (mg/l)
Ms1	2.08	0.3	2
Ms2	6.33	0.3	2
Ms3	6.09	0.3	2
Ms4	6.58	0.3	2
Ms5	6.04	0.3	2
Ms6	5.88	0.3	2
Ms7	6.28	0.3	2
Ms8	0.27	0.3	2
Ms9	0.12	0.3	2

Fuente: León, A. 2016

Se puede observar en las Figuras 5.9 y 5.10 las concentraciones de Hierro en todos los puntos de muestreo del Río Siete sobrepasan los límites máximos permisibles (0.3mg/l) establecidos por el Anexo 1 del TULSMA a su vez se realizó las comparaciones con las normativas de los países Perú y Colombia respectivamente. Se ha obtenido un valor mínimo de 0.12 mg/l en el punto de muestreo Ms9 y un valor máximo de concentración de 6.58mg/l en el punto Ms4.

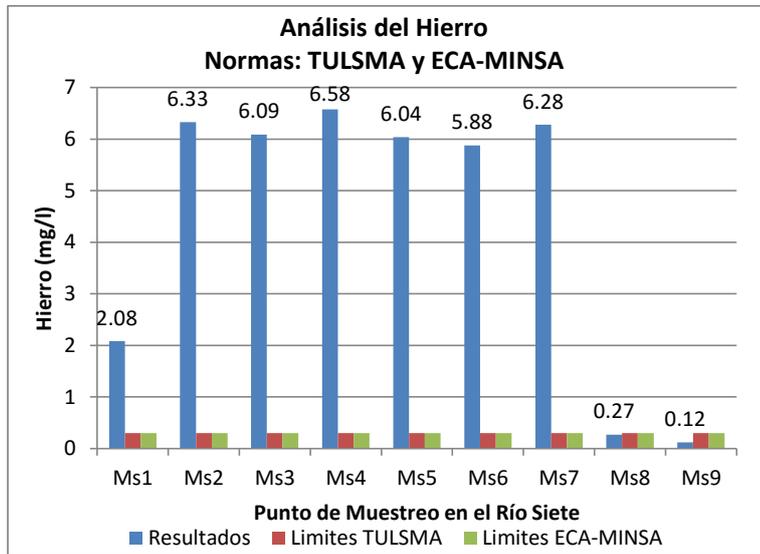


Figura 5.9 Concentración de Hierro en el Río Siete y comparación con las normas TULSMA y ECA-MINSA

Fuente: León, A. 2016

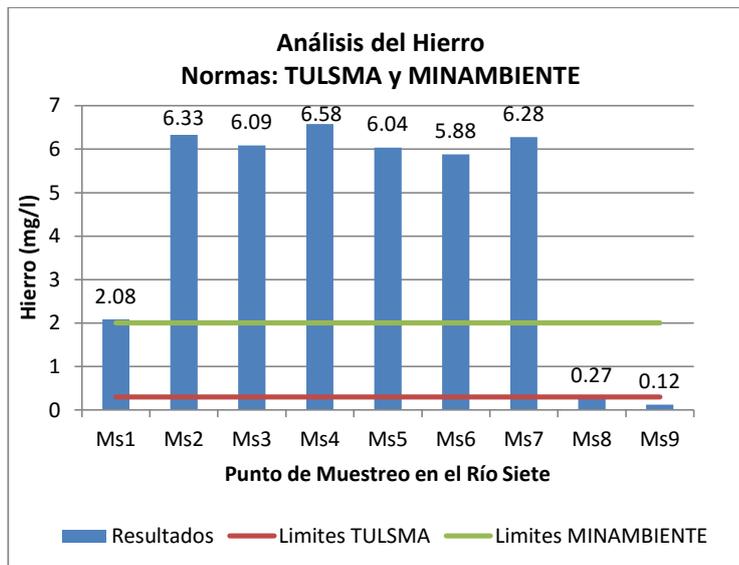


Figura 5.10 Concentración de Hierro en el Río Siete y comparación con las normas TULSMA y MINAMBIENTE

Fuente: León, A. 2016

Podemos observar que en la Norma ECA-MINSA - Perú el límite máximo permisible es de 0.3 mg/l, es decir tiene el mismo valor que la norma ecuatoriana del TULSMA, los puntos desde el Ms1 hasta el punto Ms7 sobrepasan estos límites máximos permisibles por lo cual no cumple con estos requerimientos estándares de calidad, mientras que en los puntos Ms8 y Ms9 tenemos bajas concentraciones de hierro de 0.27mg/l y 0.12mg/l respectivamente y estos cumplen con los requerimientos de la norma ecuatoriana.

Mientras que en la Norma MINAMBIENTE – Colombia tenemos un valor de límite máximo permisible de 2mg/l que al igual que el caso anterior sobrepasan los límites máximos permisibles en los puntos que van del Ms1 al Ms7 tanto de la norma ecuatoriana (TULSMA) como para la norma colombiana (MINAMBIENTE) y los puntos Ms8 y Ms9 cumplen con los requerimientos de dichas normas.

Las altas concentraciones de hierro en el sector de Camilo Ponce Enríquez se deben a las alteraciones hidrotermales.

Existen altas concentraciones de sulfuros de hierro, encontramos una alteración propilítica en el sector de Bella Rica zona cercana al Cantón Camilo Ponce Enríquez

La presencia de Hierro en aguas superficiales y subterráneas provoca inconvenientes en los sistemas de abastecimiento, tales como la aparición de manchas en las ropas, sanitarios y utensilios domésticos, modificación de las características organolépticas del agua de bebida (olor, sabor y color), además de todos los problemas asociados de bioensuciamiento y corrosión microbiana causado por las “bacterias del hierro” en los sistemas de captación y conducción de agua para diferentes usos. (Piris da Motta, 2010))

Cromo y Plomo

Se realizaron análisis de estos metales en los puntos de muestreo del Sector de Río Siete y hay ausencia de concentraciones en todos los puntos analizados por lo que podemos decir que no existen concentraciones de estos metales a lo largo del Río.

CAPÍTULO 6

6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1 CONCLUSIONES

El Impacto Ambiental que causa las explotaciones en su mayoría son por la contaminación con mercurio, contaminación con cianuro son sustancias altamente tóxicas para la salud humana, animal y vegetal

Debido a la variación de límites máximos permisibles que se ha dado a través de los años en actualizaciones del Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) se ha visto un

Comentario [T43]: No dejar tanto espacio

Comentario [h44]: Las conclusiones van enumeradas

incremento de calidad para los parámetros a analizar en diversas utilidades del recurso hídrico Agua.

En el Sector de Río siete existe formaciones geológicas que son ricas en Hierro y en Cobre por lo tanto es normal que existan altas concentraciones de estos metales por las alteraciones hidrotermales, y también existen la presencia de sulfuros de hierro.

Debido a que el Cantón Camilo Ponce Enríquez es mayoritariamente rico en minería el 40.4% de su población económicamente activa se dedica a esta actividad donde el 86% de esta población se dedica a la minería artesanal.

El Potencial de Hidrógeno en el sector del Río Siete oscilan entre 7.5 y 7.97 y son unos valores cercano al valor neutral del pH del agua que es 7 por lo tanto estos valores cumplen con los máximos permisibles establecidos por el Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) que están entre (6.5 a 9.5)

La dureza del agua está relacionada con compuestos y elementos como el carbonato de calcio y conductividad se deduce que a lo largo del tramo analizado en el Río siete se observó que tenemos agua Ligeramente Dura, Suave y Dura, un agua Dura tiene mucha presencia de sales de calcio y

magnesio y magnesio por lo tanto tendrá un sabor no tan perecible, lo adecuado es que tenga una mineralización más neutralizada.

Tanto los Solidos Disueltos Totales (TDS) y el Oxígeno Disuelto se encuentran dentro de los límites máximos permitidos establecidos por el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) y es un agua apta para la vida animal y vegetal.

La mayoría de parámetros físicos-químicos tienen altas concentraciones entre los puntos Ms2 al Ms7 mientras que los puntos Ms1, Ms8 y Ms9 tienen bajas concentraciones o en su defecto no tienen concentraciones de dicho parámetro, esto se debe a que en el punto Ms1 no existen aportaciones con otros Ríos y el agua tenía una tonalidad más clara y pura mientras se avanzaban los puntos de muestreo se podía notar las diversas aportaciones de otros Ríos con altas concentraciones de parámetros físicos-químicos provenientes de las explotaciones mineras que se realizaban en las minas cercanas al sitio. En los puntos Ms8 y Ms9 no se presentaban altas concentraciones debido a que se alejaba más de los puntos donde la concentraciones eran altas es decir a mayor distancia y en ausencia de aportaciones de otros ríos, menor serán los niveles de concentración de dichos parámetros.

Las normas para el control de calidad de Agua para la de Ecuador, Perú y Colombia en sus valores de límites máximos permisibles para la preservación de la flora y fauna en los Ríos tienen valores poco parecidos por ejemplos en el cobre el TULSMA tiene un valor de 0.005mg/l mientras que en Colombia tiene un valor de 1mg/l siendo la norma Ecuatoriana más exigente en control de calidad para este metal, mientras que en el Cromo en la norma de Perú tenemos un valor de límite máximo permisible de 0.011 mg/l mientras que en Ecuador tenemos un valor de 0.032 mg/l siendo la norma de Perú más exigente en control de calidad para este metal, de los 5 metales pesados a analizar en este estudio (Arsénico, Cobre, Cromo, Hierro, Plomo) podemos concluir que la norma ecuatoriana del del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) tiene mayor control de calidad a diferencia de Perú y Colombia.

El **Arsénico** es un compuesto altamente tóxico en su forma inorgánica y debido a las bajas concentraciones de arsénico que están por debajo de los límites máximos permisibles podemos decir que no existe contaminación por arsénico en el sector del Río Siete siendo así no perjudicial para la flora y fauna del sitio.

El **Cobre** está por encima de los límites máximos permisibles de las normas de Ecuador y Perú en los puntos de Ms2 al Ms7, pero no está por encima de

los límites máximos permisibles de Colombia lo que se puede deducir que un Río con estas valores de propiedades físico-químicas en Colombia se consideraría un Río contaminado por Cobre mientras que en Ecuador y Perú no.

Para el **Hierro** los valores de límites máximos permisibles para Ecuador y Perú son similares de 0.3mg/l mientras que en Colombia tenemos un valor de 2 mg/l aun así los valores analizados de hierro en los puntos de muestreo Ms1 al Ms7 mientras que los puntos Ms8 y Ms9 se encuentran por debajo por lo que podemos deducir que existen altas concentraciones de hierro a lo largo del Río Siete, aun así no se considera al Hierro como un elemento toxico que perjudique a la flora y fauna del Río.

No Existen presencia de **Cromo** y **Plomo** en el Sector de Río siete debido a que la formación geológica de las minas hay ausencia de estos elementos y en las explotaciones mineras no utilizan sustancias que contengan dichos metales.

6.2 RECOMENDACIONES

Se debe realizar monitoreos periódicamente para conocer las variaciones de los parámetros para así poder determinar la calidad del agua, ya que diariamente se realizan explotaciones en las minas para la extracción de minerales como el oro.

En el Cantón de Camilo Ponce Enríquez las autoridades deben establecer un sistema de tratamiento de aguas residuales para poder realizar descargas a los diferentes moradores del sector ya que no pueden disponer de esta agua por estar contaminadas por acción bacteriana.

La población de Camilo Ponce Enríquez que se abastece de agua de pozo debería adicionar una dosis de cloro para su desinfección ya que el agua de estos acuíferos no es libre de impurezas por las actividades mineras que afectan tanto a aguas superficiales como subterráneas.

Para las muestras tomadas en cada punto a lo largo del Río Siete se recomienda conservar las muestras en una hielera con suficiente hielo ya que ciertos parámetros son susceptibles al cambio de temperaturas.

Se recomienda realizar monitoreos en épocas secas (Septiembre a Diciembre) y en época de lluvia (Enero a Abril) para poder notar la variación de los parámetros y mediante las esorrentías poder observar los cambios en los parámetros físicos-químicos.

Bibliografía

1. Austro. (Domingo de Enero de 2011). *El Cantón Camilo Ponce Enríquez en el Azuay*. Obtenido de <https://patomiller.wordpress.com/2011/01/16/el-canton-camilo-ponce-enriquez-en-el-azuay/>
2. Barreto, M. L. (2002). *Minería y Desarrollo*. Brasilia-DF, Janeiro: Centro de Tecnología Mineral – CETEM/MCT.
3. CARRILLO G., A. A.-U. (2008 - 2009). ESTUDIO DE LA GENERACIÓN DE VAPORES DE MERCURIO EN LA EXTRACCIÓN DE ORO, Y SUS EFECTOS EN LOS TRABAJADORES DE UNA ÁREA MINERA EN EL CANTÓN PONCE ENRÍQUEZ – AZUAY.
4. Cuenca, P. U. (2009). *Evaluación social y Técnica de los Recursos hídricos de las Subcuencas de los Ríos Jagua, Balao, Gala, Tenguel, Siete*. SENPLADES.
5. Fabian, S. (2001). *La pequeña Minería en el Ecuador*. MMSD.

6. Frers, C. (8 de Junio de 2007). *ECOPORTAL*. Obtenido de Contaminación, Arsénico y posibles soluciones: http://www.ecoport.net/Temas-Especiales/Agua/Contaminacion_Arsenico_y_posibles_soluciones
7. Gonzaga, L. (2005). *Cianuración por agitación para la dilución de oro de las minas de Ponce Enríquez*.
8. Lacerda LD, S. W. (1998). Mercury from gold and silver mining: a chemical time-bomb. *Springer Verlag*, 146.
9. Lenntech. (Diciembre de 2014). *Medida de calidad de agua: el pH*. Obtenido de <http://www.lenntech.es/ph-y-alcalinidad.htm>
10. Michela Balzino, J. S. (2015). Gold losses and mercury recovery in artisanal gold mining on the Madeira River, Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 370 -371.
11. Minas, M. d. (2002). *Examen especial a control de explotación minera en las cuencas de los ríos Santa Rosa, Caluguro, Tenguel y Siete*.
12. MM., V. (1997). Introducing new technologies for abatement of global mercury pollution in Latin America. *UNIDO/UBC/CETEM*, 94.

13. Mulligan, S. W. (2006). Occurrence of Arsenic Contamination in Canada: Sources, Behavior and Distribution. *Science of the Total Environment*, 701 - 721.
14. OMS. (s.f.). *Water Sanitation Health*. Obtenido de Aspectos relativos a la aceptabilidad: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_10.pdf
15. Patricio C. Velásquez-López, M. M. (2009). Mercury balance in amalgamation in artisanal and small-scale gold mining: identifying strategies for reducing environmental pollution in Portovelo-Zaruma, Ecuador. *Journal of Cleaner Production*, 228 - 229.
16. Piri da Motta, M. R. (2010). Programa Elfuentes Industriales y Urbanos de Ciencias Exacta Químicas y Naturales. *Misiones 3862-Posadas*.
17. PRODEMINCA. (1998). *Monitoreo Ambiental de las áreas mineras en el Sur de Ecuador*. Ministerio de Energía y Minas.
18. Renovables, M. d. (2014). *Diagnostico de Pequeña Minería y Minería Artesanal en la provincia de Azuay*. Universidad de Cuenca.

19. Sandoval, F. (2007). El ABC de la Minería en el Ecuador. 53, 54.
20. SENPLADES. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Camilo Ponce Enríquez*.
21. SES, S. E. (1996 - 1998). *Monitoreo Ambiental de las áreas mineras en el sur del Ecuador*. Ministerio de Energías y Minas.
22. Sur, E. M. (2002). *MINERÍA, MINERALES Y DESARROLLO SUSTENTABLE EN AMÉRICA DEL SUR*. WBCSD, Ginebra, Suiz: CIPMA.
23. Tommy Martho Palapa, A. A. (2015). Heavy Metals in Water of Stream Near an Amalgamation Tailing Ponds in Talawaan –Tatelu Gold Mining, North Sulawesi, Indonesia. *ELSEVIER*, 429 - 430.
24. Valero, D. (2007). *Fundamentals of Air Pollution*. Elsevier.
25. Wotruba, H. (2009). *Procesos de beneficio mineral aptos para la minería en pequeña escala*. Universidad de Aachen.

Comentario [h46]: Tipo de letra arial, tamaño 12, espaciado anterior y posterior 24, interlineado doble, deben ir enumeradas

ANEXOS

Comentario [T47]: Los anexos van en la parte final, primero van las referencias

ANEXO A

Envases de Iones Mayoritarios y Metales Pesados de Polietileno de 1L debidamente etiquetados en los Laboratorios de Minas FICT -ESPOL



ANEXO B

Punto Inicial del Río Siete Ms1



ANEXO C

Toma de Muestra en el Punto Ms1



ANEXO D

Toma de Muestra en el Punto Ms5



ANEXO F

Sonda Multiparamétrica HACH – HQ 40d



ANEXO G

Tabla de Resultados de Parámetros In Situ tomados con la Sonda
Multiparamétrica HACH – HQ 40d

Nombre de la muestra	x	y	cota	pH	Temp C	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Temp C	Conductividad us/cm	Temp C	TDS mg/L	Temp C
MS1	643438	9657043	151	7.97	27.1	8.08	28	79.8	27.4	37.1	27.6
MS2	642102	9657537	97	7.95	28.50	7.73	29.4	443	29.4	206.7	29.2
MS3	641302	9657434	72	7.88	29.5	7.61	29.9	455	29.7	214.2	29.7
MS4	640143	9658211	40	7.83	30	7.28	31.4	447	31	207.2	31.2
MS5	639671	9658906	29	7.84	30.5	7.3	31.5	442	31	204.6	31.4
MS6	638946	9659570	19	7.88	30.3	6.21	30.9	441	30.6	207.2	30.6
MS7	638334	9660218	10	7.79	29.8	7.41	29.8	447	29.9	209.3	29.8
MS8	637792	9660862	24	7.75	25.2	7.51	25.5	480	25.6	237	25.3
MS9	636670	9661522	10	7.74	25.4	7.21	25.6	480	25.5	225	25

ANEXO H

Tablas de Resultados de los Puntos de muestreo proporcionado por los
laboratorios LAB – PSI

Ms1						
Resultados de análisis físico-químico						
Posición Geográfica		X		Y		
Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	Limite máximo permisible		Metodo de análisis
				Acuerdo Ministerial 097A	Acuerdo Ministerial 061	
Arsénico	mg/l	0.002	9.20%	0.1	0.05	MEAG-34 APHA 3114 As B
Cobre	mg/l	N.D	20%	0.005	0.005	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37
Cromo	mg/l	N.D	20%	0.032	0.032	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37
Hierro	mg/l	2.08	---	0.3	0.3	USEPA 1 Ferro Ver® Method2
Plomo	mg/l	N.D	20%	0.001	0.001	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37

Ms2						
Resultados de análisis físico-químico						
Posición Geográfica		X		Y		
Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	Limite máximo permisible		Metodo de análisis
				Acuerdo Ministerial 097A	Acuerdo Ministerial 061	
Arsénico	mg/l	0.002	9.20%	0.1	0.05	MEAG-34 APHA 3114 As B
Cobre	mg/l	0.3	20%	0.005	0.005	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37
Cromo	mg/l	N.D	20%	0.032	0.032	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37
Hierro	mg/l	6.33	---	0.3	0.3	USEPA 1 Ferro Ver® Method2
Plomo	mg/l	N.D	20%	0.001	0.001	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37

Ms3						
Resultados de análisis físico-químico						
Posición Geográfica		X		Y		
Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	Limite máximo permisible		Metodo de análisis
				Acuerdo Ministerial 097A	Acuerdo Ministerial 061	
Arsénico	mg/l	0.002	9.20%	0.1	0.05	MEAG-34 APHA 3114 As B
Cobre	mg/l	0.24	20%	0.005	0.005	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37
Cromo	mg/l	N.D	20%	0.032	0.032	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37
Hierro	mg/l	6.09	---	0.3	0.3	USEPA 1 Ferro Ver® Method2
Plomo	mg/l	N.D	20%	0.001	0.001	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37

Ms4						
Resultados de análisis físico-químico						
Posición Geográfica		X		Y		
Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	Limite máximo permisible		Metodo de análisis
				Acuerdo Ministerial 097A	Acuerdo Ministerial 061	
Arsénico	mg/l	0.002	9.20%	0.1	0.05	MEAG-34 APHA 3114 As B
Cobre	mg/l	0.25	20%	0.005	0.005	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37
Cromo	mg/l	N.D	20%	0.032	0.032	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37
Hierro	mg/l	6.58	---	0.3	0.3	USEPA 1 Ferro Ver® Method2
Plomo	mg/l	N.D	20%	0.001	0.001	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37

Resultados de análisis físico-químico						
Posición Geográfica		X		Y		
Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	Limite máximo permisible		Metodo de análisis
				Acuerdo Ministerial 097A	Acuerdo Ministerial 061	
Arsénico	mg/l	0.002	9.20%	0.1	0.05	MEAG-34 APHA 3114 As B
Cobre	mg/l	0.23	20%	0.005	0.005	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37
Cromo	mg/l	N.D	20%	0.032	0.032	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37
Hierro	mg/l	6.04	---	0.3	0.3	USEPA 1 Ferro Ver [®] Method2
Plomo	mg/l	N.D	20%	0.001	0.001	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37

Resultados de análisis físico-químico						
Posición Geográfica		X		Y		
Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	Limite máximo permisible		Metodo de análisis
				Acuerdo Ministerial 097A	Acuerdo Ministerial 061	
Arsénico	mg/l	0.002	9.20%	0.1	0.05	MEAG-34 APHA 3114 As B
Cobre	mg/l	0.29	20%	0.005	0.005	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37
Cromo	mg/l	N.D	20%	0.032	0.032	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37
Hierro	mg/l	5.88	---	0.3	0.3	USEPA 1 Ferro Ver [®] Method2
Plomo	mg/l	N.D	20%	0.001	0.001	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37

Resultados de análisis físico-químico						
Posición Geográfica		X		Y		
Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	Limite máximo permisible		Metodo de análisis
				Acuerdo Ministerial 097A	Acuerdo Ministerial 061	
Arsénico	mg/l	0.002	9.20%	0.1	0.05	MEAG-34 APHA 3114 As B
Cobre	mg/l	0.18	20%	0.005	0.005	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37
Cromo	mg/l	N.D	20%	0.032	0.032	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37
Hierro	mg/l	6.28	---	0.3	0.3	USEPA 1 Ferro Ver [®] Method2
Plomo	mg/l	N.D	20%	0.001	0.001	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37

Resultados de análisis físico-químico						
Posición Geográfica		X		Y		
Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	Limite máximo permisible		Metodo de análisis
				Acuerdo Ministerial 097A	Acuerdo Ministerial 061	
Arsénico	mg/l	0.002	9.20%	0.1	0.05	MEAG-34 APHA 3114 As B
Cobre	mg/l	N.D	20%	0.005	0.005	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37
Cromo	mg/l	N.D	20%	0.032	0.032	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37
Hierro	mg/l	0.27	---	0.3	0.3	USEPA 1 Ferro Ver [®] Method2
Plomo	mg/l	N.D	20%	0.001	0.001	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37

Resultados de análisis físico-químico						
Posición Geográfica		X		Y		
Parámetros	Unidades	Resultados	U k=2 ±	Limite máximo permisible		Metodo de análisis
				Acuerdo Ministerial 097A	Acuerdo Ministerial 061	
Arsénico	mg/l	0.002	9.20%	0.1	0.05	MEAG-34 APHA 3114 As B
Cobre	mg/l	N.D	20%	0.005	0.005	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37
Cromo	mg/l	N.D	20%	0.032	0.032	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37
Hierro	mg/l	0.12	---	0.3	0.3	USEPA 1 Ferro Ver [®] Method2
Plomo	mg/l	N.D	20%	0.001	0.001	SM 3111B PEE/LAB- PSI/37

ANEXO I

Tabla de Resultados Finales Proporcionado por el Laboratorio de Análisis
Agrícola

ID	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	HCO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ mg/l	Cl mg/l
Ms1	5.01	7.8975	2.519	0.782	45.75	2.4	3.8995
Ms2	43.086	17.6175	2.977	20.723	73.2	115.2	5.3175
Ms3	43.086	17.6175	3.206	21.114	54.9	120	6.381
Ms4	41.082	17.6175	2.519	19.941	57.95	130.08	3.8995
Ms5	41.082	17.6175	2.29	18.768	57.95	120	4.6085
Ms6	44.088	16.4025	2.519	17.595	64.05	122.4	4.963
Ms7	43.086	17.6175	2.748	15.64	61.61	109.92	6.7355
Ms8	50.1	18.225	2.977	20.332	71.98	132.48	8.1535
Ms9	47.094	19.44	2.29	18.768	70.15	134.88	7.799
Mg8	28.056	13.365	8.473	4.692	57.95	106.08	7.799

