



FACULTAD DE INGENIERIA GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**“NIVELES DE MERCURIO EN SUELOS ALTERADOS POR LA MINERÍA
ILEGAL, EN LA COMUNIDAD DE SAN JACINTO, PROVINCIA DE
TAMBOPATA- MADRE DE DIOS”**

**TESIS PARA OPTAR
TITULO PROFESIONAL INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR
MANDROS MONTES PIERRE ANDREÉ**

**ASESOR
MG. SC. MUÑOZ ORTEGA CESAR AUGUSTO**

**JURADO
DR. ZAMORA TALAVERANO NOE SABINO
DR. ALVA VELASQUEZ MIGUEL
MG. VENTURA BARRERA CARMEN LUZ
MG. GOMEZ ESCRIBA BENIGNO PAULO**

LIMA – PERU

2019

PENSAMIENTO

“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad.”

Albert Einstein

DEDICATORIA

A mi madre, que desde pequeño me educo con amor, paciencia y sacrificio para darme la oportunidad que ella nunca tuvo.

A mi hermano que me ayuda a sobrellevar los malos momentos y me trajo muchos momentos de felicidad.

AGRADECIMIENTO

Una hoja para agradecer a las personas que me apoyaron quizá no sea suficiente, porque detrás de un logro hay muchas manos que la hicieron realidad, por ello y con las palabras contadas quiero agradecer a todas aquellas personas que me impulsaron de alguna u otra manera en el desarrollo de mi investigación, de manera especial a mi madre que a pesar que no esté conmigo siempre ha sido mi inspiración y mi modelo a seguir, a mi hermano que siempre está conmigo en las buenas y en las malas; y al Mg.Sc. Ingeniero César Augusto Muñoz Ortega, por haberme brindado su apoyo, comprensión, confianza y orientación durante el desarrollo de la presente tesis.

Asimismo, quiero agradecer a mi padre, Pedro Mandros, y mi padre político, Julio Orellana, que depositaron su confianza en mí y me apoyaron en la ejecución de esta investigación, a mis tíos, Rosa Montes y Juan Chacón que me apoyaron incondicionalmente propiciándome las herramientas necesarias para culminar mi investigación, así como su constante preocupación por mi avance.

Un especial reconocimiento al Ing. Omar Vásquez por sus sugerencias y aportes para poder ejecutar de la mejor forma los trabajos de campo y obtener los resultados más confiables, asimismo a Milagros Vásquez por sus valioso comentarios y aportes, así como su preocupación y sus ánimos para culminar y alcanzar mi meta.

Finalmente, quiero agradecerle a mi madrina, Luz Rubin y amigos Jesús Bellido, Rubi Socualaya, Heiner Melgarejo y Paulo Baldarrago; y a todas aquellas personas que por la fragilidad de la mente y el reducido espacio no los puedo mencionar, pero que me brindaron su apoyo en la realización de este estudio; tienen presente mi eterno agradecimiento y les entrego el fruto de su apoyo incondicional.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar los niveles de mercurio en suelos alterados por la minería ilegal en la comunidad nativa de San Jacinto, provincia de Tambopata, región de Madre de Dios, con el fin de determinar si se encuentra contaminado por este elemento debido a su mal manejo en el proceso productivo. Para ello se realizó un muestreo de suelos de una unidad minera en la zona conocida como el corredor minero de Madre de Dios, empleándose la metodología descrita en la Guía para Muestreo de Suelo del Ministerio del Ambiente.

Las muestras obtenidas en campo fueron analizadas en un laboratorio acreditado, el procedimiento practicado fue el “EPA Methods 7471B - Mercury in Solid or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique)”.

Los resultados obtenidos en el análisis químico de las muestras fueron comparados con los estándares de calidad ambiental estableciéndose de que en las muestras no se presentaban mercurio en su composición, así mismo se efectuó un diagnóstico del área de estudio con el fin de conocer las características de la zona y ver como estas influían en los resultados de los análisis de laboratorio de las muestras obtenidas.

El presente estudio ha permitido determinar que, a pesar del uso de mercurio en las actividades mineras, durante la recuperación del oro por medio de su amalgamación, el suelo no presenta contaminación por mercurio en los horizontes superficiales, debido a la alta permeabilidad del suelo y cuando este se encuentra sin cobertura vegetal queda expuesto a la precipitación, donde el suelo es lavado constantemente.

Palabras claves: mercurio, metilmercurio, minería ilegal.

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the levels of mercury in soils altered by illegal mining in the native community of San Jacinto, province of Tambopata, Madre de Dios region, in order to determine if the soil is contaminated by this element due to its poor management in the production process. To this end, a soil sampling of a mining unit was carried out in the area known as the Madre de Dios mining corridor, using the methodology described in the Soil Sampling Guide of the Ministry of Environment.

The samples obtained in the field were analyzed in an accredited laboratory, the procedure executed was the "EPA Methods 7471B - Mercury in Solid or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique)".

The results obtained in the chemical analysis of the samples were compared with the environmental quality standards, establishing that in the samples, mercury was not present in its composition, likewise a diagnosis of the study area was carried out in order to know the characteristics of the the area and see how they influenced the results of the laboratory analysis of the samples obtained.

The present study has made it possible to determine that, despite the use of mercury in mining activities, during the recovery of gold through its amalgamation, the soil does not present mercury contamination in the superficial horizons, due to the high permeability of the soil and when it is without any plant coverage, it is exposed to precipitation, where the soil is washed constantly.

Key words: mercury, methylmercury, illegal mining.

INDICE DE CONTENIDO

TÍTULO.....	I
PENSAMIENTO	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI

INDICE GENERAL

Capítulo I: ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	5
1.1. ANTECEDENTES	6
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.2.1. Descripción del problema	12
1.2.2. Formulación del Problema	16
1.3. OBJETIVOS.....	16
1.3.1. Objetivo General	16
1.3.2. Objetivos Específicos.....	17
1.4. HIPÓTESIS	17
1.4.1. Hipótesis General	17
1.4.2. Hipótesis Secundaria.....	17
1.5. VARIABLES.....	17
1.6. JUSTIFICACIÓN.....	18
1.7. IMPORTANCIA	19
Capítulo II: MARCO TEÓRICO	20
2.1. MINERIA ILEGAL	21
2.1.1. Minería Ilegal en el Perú	21
2.1.2. Situación de la Minería Ilegal en Madre de Dios.....	22
2.2. MERCURIO	29
2.2.1. Ciclo del Mercurio	30
2.2.2. Toxicología del Mercurio.....	34
2.2.3. Metilmercurio.....	40
2.3. ESPECIACIÓN QUÍMICA	43
2.3.1. Especiación de mercurio en suelos	44
Capítulo III:MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
3.1. MATERIALES.....	47
3.1.1. Información Cartográfica	47
3.1.2. Programas Utilizados	48
3.1.3. Equipos y Herramientas	48

3.1.4.	Personal de Apoyo	49
3.1.5.	Servicios	50
3.2.	MÉTODOS.....	50
3.2.1.	Diseño y Nivel de Investigación	50
3.2.2.	Población y Muestras	51
3.2.3.	Metodología	52
3.2.4.	Etapas de la Investigación	52
Capítulo IV: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....		55
4.1.	UBICACIÓN	56
4.1.1.	Ubicación Política	56
4.1.2.	Ubicación Geográfica.....	57
4.2.	EXTENSIÓN Y LÍMITES	57
4.3.	VIAS DE ACCESO.....	58
4.4.	DESCRIPCION DEL MEDIO	60
4.4.1.	Medio Físico	60
4.4.2.	Medio Biológico	76
4.4.3.	Medio Socioeconómico.....	82
Capítulo V: RESULTADOS.....		84
5.1.	SUELO DEL AREA	85
5.2.	METEOROLOGIA	88
5.2.1.	Temperatura	89
5.2.2.	Precipitación.....	91
5.3.	CONCENTRACION DE MERCURIO	92
5.3.1.	Puntos de Monitoreo	92
5.3.2.	Resultado de Laboratorio	97
5.4.	DEFORESTACION	98
5.4.1.	Estratificación de los tipos de vegetación	98
5.4.2.	Deforestación de los bosques	99
Capítulo VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		100
6.1.	CONTAMINACION POR MERCURIO	101
6.2.	COBERTURA VEGETAL	106
Capítulo VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		109

7.1.	CONCLUSIONES.....	110
7.1.1.	Conclusión General.....	110
7.1.2.	Conclusiones Específicas	110
7.2.	RECOMENDACIONES	111
Capítulo VIII:	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
8.1.	REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	114
ANEXOS	120

INDICE DE TABLAS

Tabla I-1: Contenido de mercurio en especies de plantas y suelos	10
Tabla I-2: Variables e indicadores de la investigación.....	18
Tabla II-1: Principales formas y compuestos inorgánicos y orgánicos del mercurio	30
Tabla II-2: Afectaciones y repercusiones detectadas en poblaciones con alta exposición a distintas especies de mercurio	36
Tabla III-1: Coordenadas de los puntos de muestreo de suelo de la comunidad de San Jacinto – Madre de Dios	52
Tabla IV-1: Ubicación geográfica de la comunidad nativa de San Jacinto	57
Tabla IV-2: Ubicación geográfica del área de estudio	57
Tabla IV-3: Vías de acceso a la comunidad nativa de San Jacinto.....	58
Tabla IV-4: Vías de acceso al área de estudio.....	59
Tabla IV-5: Unidades litoestratigraficas de la comunidad nativa San Jacinto.....	60
Tabla IV-6: Paisaje fisiográfico de la comunidad nativa San Jacinto	63
Tabla IV-7: Clasificación natural de los suelos de la comunidad nativa San Jacinto	69
Tabla IV-8: Tipos de coberturas vegetales de la comunidad nativa San Jacinto.....	77
Tabla V-1: Análisis de Caracterización del suelo del área de estudio	87
Tabla V-2: Datos de la estación meteorológica.....	88
Tabla V-3: Temperatura media, máxima y mínima mensual en grados centígrados (periodo 2014-2016) de la estación meteorológica Puerto Maldonado	89
Tabla V-4: Precipitación total mensual en mm (periodo 2014-2016) de la estación meteorológica Puerto Maldonado	92
Tabla V-5: Concentración de mercurio de las muestras de suelo de la comunidad de San Jacinto – Madre de Dios	97
Tabla V-6: Estratificación de los tipos de vegetación de la comunidad de San Jacinto – Madre de Dios	98
Tabla VI-1: Concentración de mercurio en el suelo - Evaluación Ambiental Territorial Cuenca Madre de Dios.....	101
Tabla VI-2: Resultados de laboratorio para calidad de suelos - Comunidad Nativa Tres Islas, diciembre del 2015	102

Tabla VI-3: Resultados de laboratorio para calidad de suelos - Comunidad Nativa Tres Islas, abril del 2016	103
Tabla VI-4: Concentración de mercurio en el suelo - Determinación de la Presencia de Metales Pesados en Suelos Impactados por la Pequeña Minería Aluvial Aurífera en la Zona de Laberinto, Madre de Dios	105
Tabla VI-5: Variación anual de la superficie del área de estudio en hectáreas.....	107
Tabla VI-6: Distribución del carbono (Tm) de acuerdo con las superficies del área de estudio.....	108

INDICE DE IMAGENES

Imagen II-1: Creación de una Nueva Zona de Minería Aurífera Ilegal.	22
Imagen II-2: Deforestación Expandiéndose al oeste entre julio y setiembre del 2015.	23
Imagen II-3: Regeneración del sector Sureste afectado por la Minería Aurífera.	24
Imagen II-4: Recuperación de cobertura vegetal	24
Imagen II-5: Deforestación en el corredor minero de Madre de Dios en la Amazonia Sur Peruana desde 2000 hasta 2015.	25
Imagen II-6: Corazón de la actividad minera en este sector de La Pampa donde destaca la escala y magnitud de las operaciones.	27
Imagen II-7: Expansión de la deforestación por minería aurífera en el sector de la La Pampa.	27
Imagen II-8: Expansión de la deforestación por minería aurífera en el sector de La Pampa desde septiembre del 2016 hasta mayo del 2017.	28
Imagen II-9: Expansión de la deforestación por minería de marzo a mayo 2017.	28
Imagen II-10: Ciclo Biogeoquímico del Mercurio.	31
Imagen IV-1: Imagen Satelital de la ubicación del área de estudio y de la Comunidad Nativa de San Jacinto.	56
Imagen V-1: Muestreo en el punto de monitoreo SJ-01-MI.	93
Imagen V-2: Muestreo de Suelo en el punto SJ-02-MI	93
Imagen V-3: Muestreo de suelo en el punto SJ-03-MI.	94
Imagen V-4: Muestreo de suelo en el punto SJ-04-MI, cerca al drenaje de agua residual	94
Imagen V-5: Muestreo de suelo en el punto SJ-05-MI.	95
Imagen V-6: Punto SJ-06-MI, junto a un depósito de desmonte	95
Imagen V-7: Muestreo de suelo en el Punto SJ-07-MI.	96
Imagen V-8: Muestreo de suelo en el punto SJ-08-MI.	96

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico I-1: Porcentaje estimado de oro producido ilegalmente	13
Gráfico IV-1: Distribución porcentual de las unidades geológicas	62
Gráfico IV-2: Distribución porcentual de las unidades fisiográficas.....	67
Gráfico IV-3: Distribución porcentual del Tipo de Suelo.....	74
Gráfico IV-4: Distribución porcentual de la Cobertura Vegetal.....	81
Gráfico V-1: Temperatura media mensual (2014 – 2016).....	90
Gráfico V-2: Temperatura máxima mensual (2014 – 2016).....	91
Gráfico V-3: Temperatura mínima mensual (2014 – 2016).....	91
Gráfico V-4: Precipitación Mensual en mm (2014 – 2016).....	92
Gráfico V-5: Concentración de mercurio de las muestras de suelo de la comunidad de San Jacinto – Madre de Dios	97

INTRODUCCION

La minería artesanal en el Perú se viene practicando desde la época del virreinato debido al interés de los españoles por los metales preciosos como el oro y la plata, esta actividad ha trascendido hasta a nuestro periodo de tiempo, en donde la minería empezó a ser controlada por el estado siendo éste un ente que brindaba apoyo tanto financiero como técnico a los mineros artesanales mediante el banco minero.

Pero debido a una creciente crisis política y económica, muchos pobladores de la sierra empezaron a migrar fuera de sus comunidades llegando incluso a retirarse del país, en busca de oportunidades laborales o para huir de la violencia política que se acrecentaba en esta región. Un número significativo se estableció en lo que hoy son los departamentos con mayor minería artesanal del país.

En estas últimas décadas, el oro empezó a incrementar su valor en el mercado internacional ya que fue considerado un activo económico para los países, por lo que empezaron a surgir las medianas y grandes mineras, siendo Yanacocha una de las primeras en iniciar sus operaciones en el Perú; es por el surgimiento de la minería industrial y el valor del oro a nivel internacional que el estado empieza a regularizar legalmente a las mineras, en este contexto la minería artesanal había sido relegada y colocada a un nivel de menor interés.

Sumando a lo ya mencionado, las actividades producidas por la minería artesanal sufrió un incremento de tal manera que el estado ya no podía regular, por lo que muchas empresas dedicadas a este tipo de minería pasaron a ser empresas informales por la falta de normativas aplicadas a ellos; los mineros artesanales que iniciaba sus operaciones se apoderaban de terrenos con gran biodiversidad en donde iniciaba sus

actividades, siendo los departamentos como Puno y Madre de Dios en el sur del país los más impactados.

Es en Madre de Dios donde el impacto de las actividades mineras artesanales, tanto informales como ilegales, resulto ser más crítico, debido a que la zona es parte de la región amazónica del país, caracterizado por su gran biodiversidad que ha sido comprometida, además los procesos de extracción del oro no son los adecuados, pues se siguen utilizando el mercurio ya que tiene la propiedad de aglomerarse con las partículas de oro presente en los suelos aluviales de Madre de Dios, lo que conllevaba a la contaminación del suelo.

Los reportes sobre la minería en Madre de Dios y sus consecuencias como la deforestación que está causando y la contaminación que origina empezaron a ser de interés colectivo, por lo que el estado, que para entonces se encontraba comprometido con los temas sobre el ambiente, empezó a tomar acciones sobre esta actividad que se expandía en todo el país, pero éstas no llegaron a ser suficientes, debido a la informalidad que ya existía.

Es para el año 2012, donde el estado pretende establecer un proceso de formalización para todas las actividades de pequeña minería y minería artesanal que se practicaba en el país, ello mediante la emisión del Decreto Legislativo N° 1105 (2012), mediante el cual por primera vez se establece los criterios de diferenciación entre la minería informal y la minería ilegal.

Capítulo I: ASPECTOS METODOLÓGICOS

1.1. ANTECEDENTES

El Instituto de la Amazonía Peruana (IIAP, 2011) en su publicación titulada *“Minería Aurífera en Madre de Dios y Contaminación con Mercurio, Una Bomba de Tiempo”*, emitió un informe técnico sobre la actividad minera en Madre de Dios, tomando en consideración cuatro puntos importantes que son: la actividad minera propiamente dicha, los impactos ambientales producidos por esta actividad, los impactos socioeconómicos y por último un plan para la solución definitiva y la identificación de los actores involucrados.

En el primer punto del informe se destacan los antecedentes a la minería en Madre de Dios, de la misma manera se evalúan las concesiones mineras, el método de extracción del oro, los equipos e insumos que se utilizan, la función de gobierno, las acciones que se tomó y el tipo de minería que existe. El segundo punto del informe, hacen mención a los impactos ambientales causados por la actividad minera y todos sus procedimientos de extracción, en donde se destaca la aplicación del mercurio en el proceso donde se abarca las características toxicológicas que posee, el riesgo a la salud humana y como se encuentra contaminando los cuerpos de agua por la presencia de mercurio. Para el efecto se realizaron monitoreos los cuales fueron comparados con los estándares de calidad ambiental y a las especies hidrobiológicas se les practicó un estudio bromatológico, así mismo, también se evalúa la destrucción de los bosques, las tierras cultivables, alteración del paisaje y calidad del suelo.

La evaluación de los impactos socioeconómicos es apreciada en el tercer punto del informe donde se describen impactos sociales como la trata de personas, explotación laboral y sexual de niñas y jóvenes, precariedad de servicios y viviendas y por último

la exposición a la contaminación debido a la actividad que realizan. Por parte de los impactos socioeconómicos, se consideren a la evasión de impuestos, afectación de zonas destinadas para la investigación científica, la informalidad e ilegalidad y el debilitamiento del Gobierno de Madre de Dios. Por último, en el cuarto punto de informe nos presenta un plan para una solución definitiva.

El Ministerio de Energía y Minas (MINEM, 2012) en su publicación titulada ***“Minería Aurífera en el Departamento de Madre de Dios”***, da a conocer la problemática de la minería informal e ilegal en las zonas de Huepetuhe – Caychive y en la Llanura Amazónica, referentes a las problemáticas que origina la actividad como la deforestación, contaminación ambiental y la degradación de suelo y con ello los conflictos sociales dentro de las zonas de amortiguamiento de la Reserva Comunal Amaraakaeri, la Reserva Nacional del Tambopata – Rio Malinowski y la Zona de prohibida para Petitorios en Terrenos de Comunidades Nativas, también describe las acciones que el Ministerio de Energía y Minas está realizando para combatir esta problemática, donde se destaca una breve introducción del Proyecto Piloto de Recuperación Ambiental – Rio Huepetuhe el cual mediante una cooperación técnica internacional Perú – Brasil, se pretende construir dos presas o barreras de sedimentación en el cauce del mencionado rio, con el objeto de mitigar la presencia de sólidos en suspensión provenientes de la explotación aurífera en sus quebradas afluentes y en la reforestación de áreas disturbadas.

El Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Ambiente para la Salud (CENSOPAS, 2010) presentó el informe técnico ***“Niveles de Exposición a Mercurio en Población de Huepetuhe – Madre de Dios y Factores de Riesgo de Exposición”***, en la cual se realizó un estudio de los niveles de mercurio al que se encontraban

expuesto los pobladores de dicha comunidad, llegando a realizar exámenes médicos a 292 pobladores de diversas edades para realizar estudios de salud y comportamiento (evaluaciones de desarrollo psicomotoras, evaluaciones del coeficiente intelectual, evaluación de depresión, ansiedad, violencia familiar y examen de orina para el dosaje de metales pesados), también llevo a cabo evaluaciones a los alimentos, calidad del agua, aire y suelo.

Llegando a la conclusión de que los niveles de mercurio a los que están expuesto los ciudadanos de Huepetuhe son muy altos, la exposición a este metal pesado es tan alta que la población no expuesta directamente al mercurio presentaron valores por encima del valor de referencia (26.4%), esto se debe a la concentración del mercurio en las fuentes de alimento, principalmente los pescados, el agua potable y el aire, por otro lado, los valores de concentración del mercurio en el suelo son bajos.

Víctor Hugo Pachas (2013), en su informe titulado *“Conflictos Sociales en Madre de Dios: En caso de la Minería en Pequeña Escala de Oro y la Ilegalidad”* presentado en tres reportes, en ellos muestra la situación conflictiva que tenían las comunidades nativas, así como, también las asociaciones de predios agropecuarios con respecto a los mineros informales e ilegales. Víctor Pachas informa que llevó a cabo charlas en cada una de las comunidades participantes con el fin de llegar a un acuerdo entre los interesados: las comunidades nativas, agricultores y mineros.

En estos reportes se analizaron los diferentes conflictos sociales que existen: La primera describe doce conflictos por incumplimiento de acuerdos entre las comunidades y los mineros ilegales. La segunda describe un conflicto por la administración de los recursos naturales. Finalmente, en el tercer informe presenta, a

modo de conclusión, un balance y perspectiva sobre los conflictos sociales de Madre de Dios.

R. Fernández, M. J. Sierra, M. Villadóniga y R. Millán (2010), en el informe técnico titulado *“Análisis de Parámetros Edáficos en Almadenejos. Comportamiento del mercurio en el Sistema Suelo – Planta”*, presenta un estudio de los suelos contaminados por mercurio en el distrito minero de Almadenejo, zona minera de cinabrio, con el fin de encontrar una relación entre la cantidad de mercurio contenido en el suelo y la planta de marrubio (*Marrubium vulgare*), con el fin de determinar a si esta especie vegetal puede ser útil para su uso como fitoextractor del mercurio presente en el suelo.

Los resultados obtenidos con respecto al comportamiento del mercurio, nos indican que a pesar de su presencia en el suelo con altas concentraciones (dentro de los valores considerados para una zona minera de mercurio), ello no impide al desarrollo normal de las plantas ya que el suelo presenta condiciones favorables (pH, materia orgánica, relación C/N, carbonatos y macronutrientes óptimos) para el desarrollo de estas, además que solo el 1% de la concentración de mercurio se encuentra disponible para la planta.

Con respecto a la transferencia del mercurio del suelo a la planta, se apreció que solo el mercurio fácilmente disponible (metilmercurio) tiene una mayor correlación con la planta que respecto al mercurio total, también se demostró que gran parte del mercurio transferido a la planta se encuentra en la raíz, seguido por las hojas y por último el tallo, esto debido a que este último es la transición entre la raíz y la hoja.

Por los resultados obtenidos sobre el marrubio, se consideró que es una especie hiperacumuladora de mercurio principalmente en su parte aérea llegando a acumular 10mg/Kg, por lo tanto, es adecuada para la fitoextracción del mercurio en suelos contaminados y se podrán incrementar sus capacidades de extracción y su acumulación en su biomasa mediante su mejoramiento genético.

Loredo J., Ordoñez A., Fernández-Martínez R. y Rucandio, M.I. (2005) en su publicación *“Biodisponibilidad de Mercurio en Suelos Contaminados por Explotaciones Mineras”*, realizó un estudio del comportamiento del mercurio, es decir, la movilidad que posee este el mercurio debido a las diferentes características del suelo, el análisis del mercurio se realizó mediante la Espectrometría de Absorción Atómica con Generación de Vapor Frío de Hg en las diferentes muestras que se obtuvieron, asimismo se realizó un estudio de la cantidad presente de metilmercurio presente en la flora local, principalmente la cebolla, las patatas, lechuga y la hierba común, para determinar la biodisponibilidad del mercurio en el suelo. Los resultados se pueden apreciar en el siguiente cuadro.

Tabla I-1: *Contenido de mercurio en especies de plantas y suelos*

Especie de planta	Número de Muestras	Concentración de Hg en parte aérea de la planta (mg/Kg)	Concentración de Hg en suelo bajo la planta (mg/Kg)
Hierba común	4	4.84	385
		0.98	21.8
		0.51	9.63
		0.21	3.88
Cebolla	2	0.28	59.8
		2.62	323
Patata	2	0.46	52.3
		0.56	660

Espece de planta	Número de Muestras	Concentración de Hg en parte aérea de la planta (mg/Kg)	Concentración de Hg en suelo bajo la planta (mg/Kg)
Lechuga	2	0.59 0.48	323 57.7

Fuente: Loredó J., et al. (2005)

A partir de los resultados mostrados se llegó a la conclusión que las altas concentraciones de mercurio en los vegetales analizados se deben a que estos se encuentran en una zona que muestra un fondo geoquímico alto en mercurio.

Debido a la escasa cantidad de las muestras estudiadas se recomendó una ampliación de la investigación con mayor profundidad y con un mayor número de muestras de suelos y de especies vegetales con la finalidad de valorar posibles riesgos para la flora y fauna de la zona.

Gilberto Hernández Silva, et al. (2012) en el artículo titulado *“Presencia de Mercurio Total en la Relación Suelo-Planta-Atmósfera al Sur de la Sierra Gorda de Querétaro – México”*. El estudio realizado dentro de la Cuenca Hidrográfica del río Extóraz, en la región minera de San Joaquín, de donde se obtuvieron muestras de suelo por medio de un muestreo estratificado al azar en función al uso del suelo y a una profundidad de 25 cm. los cuales se llevaron a análisis químico para la determinación del mercurio total presente. Se tomo muestras de plantas de maíz, ya que este es un cultivo dominante en la región, las cuales fueron revisadas en un periodo de tiempo de cuatro años (2007-2010) durante la época de cosecha obteniendo 17 ejemplares que fueron posteriormente usados para análisis. Para las muestras de la atmosfera se realizaron dos tipos de muestreo: agua de lluvia, donde se instalaron equipos para la recolección del agua de lluvia en tres estaciones distribuidas en las microcuencas para

poder abarcar mayor área, y vapor de mercurio, donde se utilizaron máquinas detectoras de vapor de mercurio en dos puntos.

Los resultados de los análisis demostraron que las concentraciones más altas de mercurio se encuentran en las minas de origen hidrotermal que presentan un alto riesgo a la salud; de los ejemplares de maíz, los resultados muestran que las raíces y hojas poseen la mayor cantidad de mercurio acumulado, de igual manera la cantidad presente en los granos sobrepasan las normas establecidas; las concentraciones altas de mercurio en la atmósfera provienen de terrenos o jales de minas expuestas a cielo abierto que son arrastradas por acción del viento.

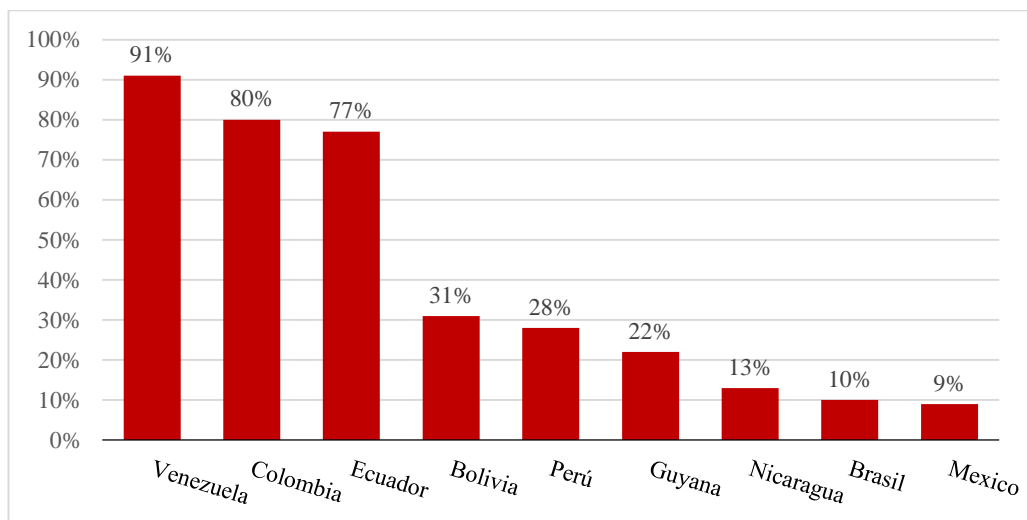
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Descripción del problema

La minería ilegal, dedicada a la extracción del oro, en los últimos años se ha visto incrementada en muchos países latinoamericanos, entre los que destacan Venezuela, Ecuador, Bolivia, Colombia y Perú, ello se debe a factores económicos, sociales y políticos, en donde sobresale principalmente el valor económico que tiene el oro en el mercado mundial, ya que desde el 2001 a la actualidad el precio del oro se ha quintuplicado, convirtiéndose en un metal de mucho valor¹. Siendo su valor en Setiembre del 2017 fue de 1,333.87 dólares por onza.

¹ La página web BullionVault nos brinda el costo histórico del oro por medio de una gráfica con diferentes periodos de tiempo.

Gráfico I-1: Porcentaje estimado de oro producido ilegalmente



Fuente: The Nexus of Illegal Gold Mining and Human Trafficking in Global Supply Chains, Lessons from Latin America– VERITÉ.

En Perú, la minería ilegal representa la segunda actividad ilícita, del cual aproximadamente el 28%² del oro producido en todo el país pertenece a esta actividad, según The Nexus of Illegal Gold Mining and Human Trafficking in Global Supply Chains. La minería ilegal se practica en 21 de los 25 departamentos del Perú, siendo *Madre de Dios, Puno, La Libertad* y la zona sur medio (que abarcan las provincias de Palpa y Nazca en Ica, Caravelí y Chala en Arequipa, Lucanas en Ayacucho y Huepetuhe en Madre de Dios) las de mayor impacto.

La minería ilegal en el Perú y sobre todo en la región de Madre de Dios se ha desarrollado por 40 años e intensificado en la última década, principalmente por tres factores que explican el crecimiento de esta actividad: un incremento sostenido del precio del oro a nivel mundial que lo hace atractivo; un alto índice de desempleo en todo el país que provoca la migración de muchas personas a zonas donde realizan

² Resumen del Informe elaborado por The Global Initiative against Transnational Organized Crime titulado “Organized Crime and Illegally Mined Gold in Latin America”.

actividades ilícitas y por último la falta de medidas de control y fiscalización por parte de las autoridades locales, regionales y nacionales.

La minería ilegal constituye una de las actividades que más vulnera al ambiente, dada a su escasa mecanización e infraestructura de bajos o nulos estándares en la gestión de la seguridad y ambiente y un bajo nivel de capacitación de capital humano. Por estas razones esta actividad conlleva a tres problemas muy importantes los cuales son: la contaminación ambiental por el uso de mercurio y la destrucción de más de 50 mil hectáreas de bosques amazónico en Madre de Dios, el cual sigue en aumento; con lo que respecta al tema social, el uso de mano de obra forzada para estas actividades así como la esclavización y explotación sexual de niñas y jóvenes; por último genera pérdidas económicas para el estado debido que el oro producido en Madre de Dios significa el 8% de la producción de todo el Perú y gran parte de este es producto de la minería ilegal e informal evade impuestos.

Esta actividad se ha extendido ampliamente invadiendo áreas que se encuentran fuera del corredor minero de la región, áreas naturales protegidas como la Reserva Nacional del Tambopata y la Reserva Comunal Aramakaeri que han sido afectadas; esto ha provocado la devastación de grandes extensiones del bosque amazónico, destruyendo hábitats naturales, degradando y erosionando el suelo, contaminando cuerpos de agua (cochas, lagunas, aguajales, aguas subterráneas y ríos), afectando a la flora y fauna de la zona principalmente las especies hidrobiológicas y poniendo en peligro a las personas por el consumo de animales con alto contenido de mercurio.

Se debe de recalcar que en Madre de Dios la práctica de la minería ilegal es aluvial aurífera, debido a que el oro se ubica en yacimientos aluviales o placeres aurífero en

llanuras, terrazas con bosques y en los cauces con ríos, los cuales son alterados por el uso de equipos o maquinarias que no corresponden a la actividad, extrayendo el oro que se encuentra almacenado en los suelos fangosos de los ríos o llanuras.³ Originando impactos ambientales que se manifiestan por la erosión o modificación del suelo y/o es afectado por la exposición al mercurio como consecuencia de un proceso rudimentario de recuperación del oro.

Como es sabido el mercurio es una sustancia tóxica para los organismos vivos que al entrar en contacto cutáneo, ingestivo o respiratorio provoca alteraciones en el crecimiento, daños en las hojas alterando el proceso de fotosíntesis y respiración, en la fauna y los humanos ataca el sistema nervioso central y los riñones, genera efectos negativos en la reproducción y en los fetos daña el sistema nervioso en desarrollo adicional a esto se debe tener en cuenta que este metal al metilizarse adquiere propiedades que lo hacen mucho más peligroso, como son la bioacumulación y biomagnificación, pues cuando ingresa a la cadena trófica se queda en esta y se transfiere de consumidor a consumidor.

Considerando lo ya mencionado y que en los últimos años la actividad minera ilícita que opera en la región de Madre de Dios ha tomado mayor relevancia debido a los reportes de la prensa oral y escrita e investigaciones realizadas por las entidades responsables de la conservación de la flora y fauna, informan que existe una severa deforestación, suelos degradados o erosionados y tanto cuerpos de agua como sus ecosistemas contaminados por mercurio. Ello ha ocasionado que desde el año 2011 el gobierno ha dictado norma para destruir las zonas de operaciones mineras ilegales,

³ Reportaje sobre la Minería Ilegal en Madre de Dios elaborado por el Ministerio del Ambiente.

llegando a declarar zona de emergencia toda la región de Madre de Dios, en el año 2016.

1.2.2. Formulación del Problema

1.2.2.1. Problema Principal

¿En qué medida el uso de mercurio para la amalgamación del oro que es empleado en la minería ilegal está afectando los suelos aluviales de la comunidad nativa de San Jacinto?

1.2.2.2. Problema Secundario

- ¿Cuáles son las condiciones edafológicas y climatológicas que definen la variación de las concentraciones del mercurio en el suelo de la comunidad nativa de San Jacinto?
- ¿Qué efectos ha provocado el uso operativo y la inadecuada disposición del mercurio en el suelo, durante la extracción del oro por la minería ilegal en la comunidad nativa de San Jacinto?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Determinar los niveles de mercurio de los suelos generados por las actividades de la minería ilegal en de la comunidad nativa de San Jacinto.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar la influencia de las características del suelo y la climatológicas en la comunidad nativa de San Jacinto en la variación de la concentración del mercurio en el suelo.
- Determinar los efectos provocados por la inadecuada disposición del mercurio en el suelo de la comunidad nativa de San Jacinto.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis General

El suelo en la comunidad nativa de San Jacinto, se encuentran con altas concentraciones de mercurio como resultado de la inadecuada operación y disposición final de los residuos de amalgamación de la minería informal.

1.4.2. Hipótesis Secundaria

- La precipitación y temperatura, así como sus propiedades físicas del suelo propia del área de estudio, favorecen a la disminución de la concentración del mercurio en el suelo de la comunidad nativa de San Jacinto.
- Los efectos del mercurio dispuestos en el suelo afectan el entorno edafológico e hidrológico de la comunidad nativa de San Jacinto.

1.5. VARIABLES

Las variables independientes y dependientes se definieron según el objetivo de la tesis los cuales se muestran la siguiente tabla.

Tabla I-2: Variables e indicadores de la investigación

Independiente	Indicador	Unidades
Mercurio Total	Concentración de mercurio total	mg/Kg
Dependiente	Indicador	Unidades
Calidad del Suelo	Concentraciones de mercurio menor al Estándar de Calidad de Suelo	mg/L

Fuente: Elaboración Propia

1.6. JUSTIFICACIÓN

El problema sobre la contaminación por mercurio y su impacto ambiental, ya sea en un ambiente local, regional o global, ha venido incrementándose en los últimos años, especialmente en zonas donde la contaminación por este metal ha sido identificada y en donde la opinión pública ha puesto gran interés en su solución, lo que incluye casos de minas de mercurio abandonadas, derrames de este material o mineras de explotación de oro en donde se utiliza mercurio para su amalgamación.

La presente investigación se realiza para dar a conocer si las concentraciones del mercurio total presente en los suelos son suficientes para alterar la composición química del suelo a causa de las actividades de la minería ilegal en Madre de Dios.

El conocimiento de la concentración de mercurio en las muestras recolectadas de los suelos de una unidad minera en Madre de Dios pueden servir de referencia para otras unidades mineras existentes, debido a que los procedimientos de extracción, materiales, equipos e insumos usados son los mismos en la mayoría de las unidades mineras además el tipo de minería que se desarrolla en todo Madre de Dios es del tipo aluvial, así mismo, en que los aspectos físicos como la climatología, la topografía, la edafología y la hidrología, al igual que los aspectos biológicos como la flora y fauna, principalmente las especies hidrobiológicas, son las mismas que se ven afectadas en todo Madre de Dios.

1.7. IMPORTANCIA

Madre de Dios cuenta con un territorio de gran biodiversidad, por ello que existen varias áreas naturales protegidas con el fin de conservar, gestionar y poder estudiar las especies presentes pues muchas de estas aún son desconocidas.

Las empresas informales o productores mineros en Madre de Dios dedicadas a la actividad minera han demostrado ser un problema muy serio, pues no muestra ningún interés en proteger la biodiversidad de la zona, incluso llegan a operar dentro de las áreas de protección alterando el suelo, los cuerpos de agua, ecosistemas, entre otros.

Además, se debe tener en cuenta que la actividad minera afecta suelo de la selva, pues la extracción del oro es causa de la erosión y contaminación de este por sustancias tóxicas, entre las que destaca el mercurio.

Considerando al suelo como unidad fundamental de soporte para toda la biodiversidad de la selva es necesaria conocer el impacto por la contaminación por mercurio y así poder prever qué efectos puede causar a las especies de flora y fauna de otras áreas del entorno.

Por otro lado, la contaminación por el mercurio también se convierte en un problema social directo, puesto que muchos de estos mineros informales trabajan de manera inadecuada, sin tener en cuenta su salud; e indirecto pues los impactos del mercurio en el ecosistema afectan a las poblaciones principalmente es sus fuentes alimenticias, principalmente en los peces.

Capítulo II: MARCO TEÓRICO

2.1. MINERIA ILEGAL

De acuerdo con el Decreto Supremo N° 1105 (2012). “La minería ilegal es aquella que:

i) hace uso de equipo y maquinaria que no corresponde a las características de la actividad minera que desarrolla el pequeño productor minero o productor minero artesanal; ii) se realiza sin cumplir con las exigencias de las normas de carácter administrativo, técnico, social y medioambiental que rigen dichas actividades; iii) se realiza en zonas donde está prohibido su ejercicio” (pág. 464377).

La minería informal (Decreto Legislativo N° 1105, 2012) es aquella actividad minera que tiene las mismas características de la minería ilegal, pero se realiza en zonas no prohibidas y habiendo iniciado un proceso de formalización. Cabe resaltar que el artículo 2 del Decreto Legislativo N° 1105 precisa que toda actividad minera realizada en zonas prohibidas es considerada ilegal.

2.1.1. Minería Ilegal en el Perú

La minería artesanal es una actividad que existe desde la época del virreinato, pero las categorías informal e ilegal son reciente. Es a partir de los años 80's que la minería artesanal tiene su mayor impulso, debido a que se vivía un estado de recesión económica, crisis del campo, violencia política causada por el terrorismo, lo que generó una migración de la sierra a otras regiones, pero fue la subida en los precios del oro, que impulso las migraciones sobre las zonas auríferas, lo cual fue el inicio para que esta actividad se desvié hacia la informalidad.

Como resultado, en la región de Madre de Dios el 90%, de la producción de oro en la zona proviene de la minería ilegal o informal, este mismo escenario se repite en otras regiones del Perú, siendo Puno y La Libertad las que siguen el paso a Madre de Dios.

Esta informalidad ha llevado a las personas a confundir muchas veces a la minería artesanal y pequeña minería con la minería ilegal. (SPDA, 2014)

2.1.2. Situación de la Minería Ilegal en Madre de Dios

En los últimos años la actividad minera en el departamento de Madre de Dios ha sido de interés general, por lo que se han realizado estudios e investigaciones dentro de las áreas afectadas, para ello se ha hecho uso de imágenes satelitales, pues en los últimos años la ha convertido en una herramienta necesaria que ha permitido monitorear y controlar las superficies afectadas por la minería ilegal.

Estos monitoreos han permitido detectar el nacimiento de nuevas zonas de minería aurífera ilegal en la amazonia peruana, en la Imagen II-1 se aprecia el nacimiento de una nueva zona de minería ilegal dentro de la zona conocida como “La Pampa” el cual se ubica dentro del área de Amortiguamiento de la Reserva Nacional Tambopata. (Finer & Olexy, 2015)

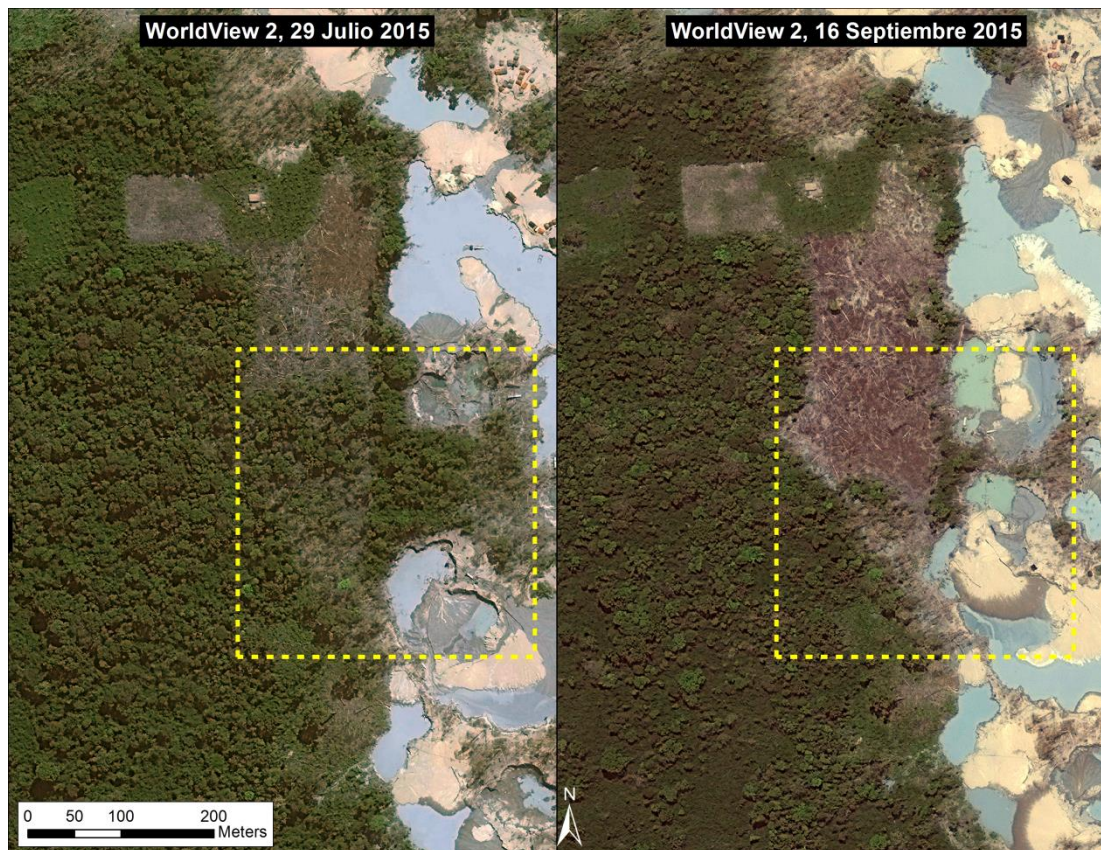
Imagen II-1: Creación de una Nueva Zona de Minería Aurífera Ilegal.



Fuente: WorldView de Digital Globe (NextView)

De la misma manera, los monitoreos permiten visualizar el progreso de las zonas afectadas como su expansión, tal como se aprecia en la Imagen II-2.

Imagen II-2: Deforestación Expandiéndose al oeste entre julio y setiembre del 2015.



Fuente: WorldView de Digital Globe (NextView)

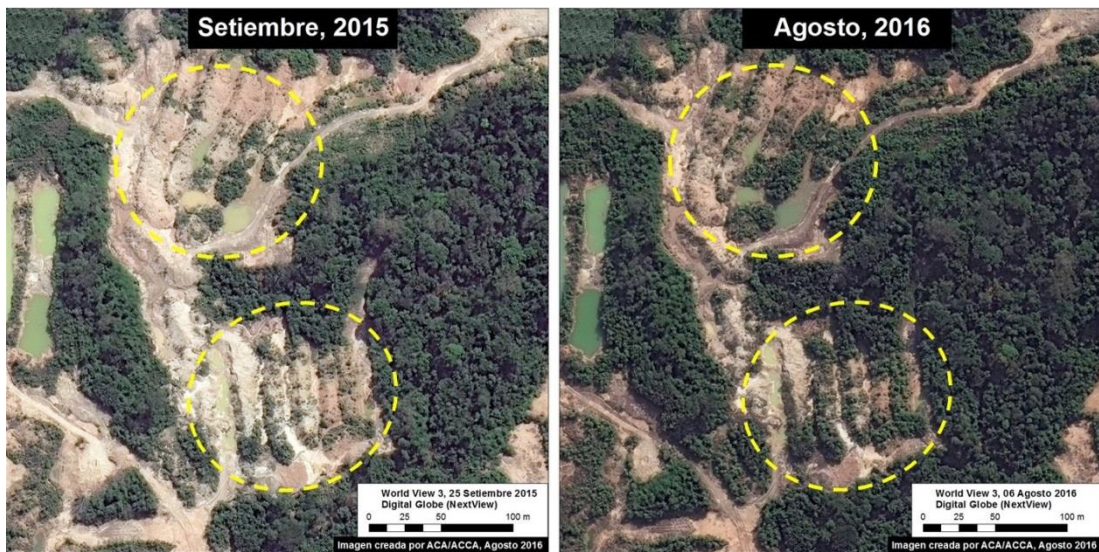
Pero el nacimiento de nuevas áreas mineras y la expansión de las ya existentes no son los únicos procesos que ocurre dentro de Madre de Dios, la regeneración de la vegetación como se puede ver en las siguientes imágenes muestra la potencial recuperación de la vegetación en las áreas afectadas por la actividad minera. Estos descubrimientos son una buena noticia sobre la resiliencia de la Amazonía siempre y cuando la actividad destructiva sea detenida en una etapa temprana, pero a pesar de ello se debe tener en cuenta las características fisicoquímicas de las plantas debido a la capacidad de retención de metales pesados en el interior de estas. (Novoa, Finer, & Román, 2016)

Imagen II-3: Regeneración del sector Sureste afectado por la Minería Aurífera.



Fuente: WorldView de Digital Globe (NextView)

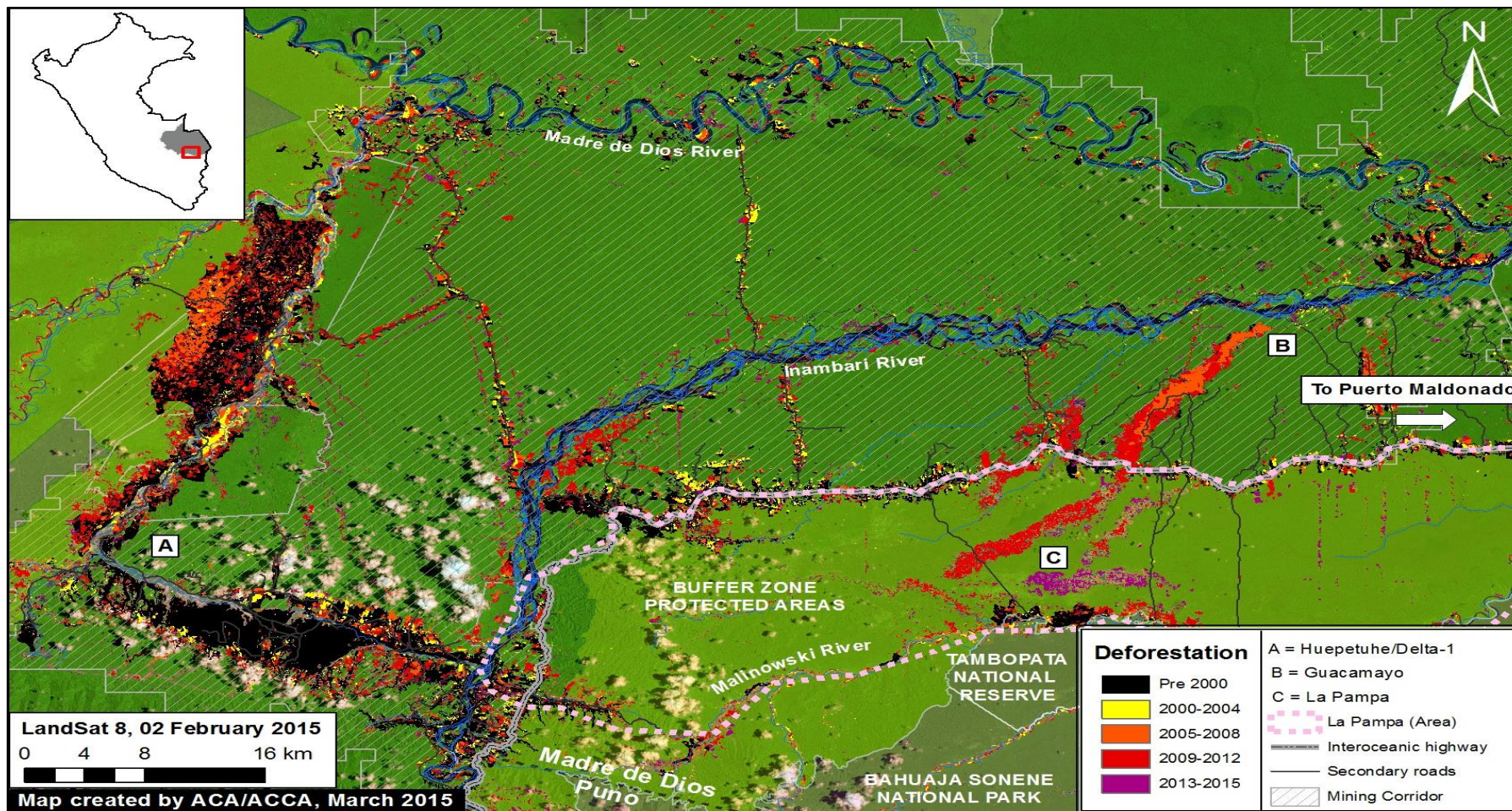
Imagen II-4: Recuperación de cobertura vegetal



Fuente: WorldView de Digital Globe (NextView)

El monitoreo continuo de los bosques de Madre de Dios ha permitido generar una imagen satelital de la deforestación causada por las actividades de los mineros ilegales y/o informales en todo el departamento de Madre de Dios, desde el año 2000 hasta el año 2015 (Imagen II-5), siendo de gran preocupación la zona de Amortiguamiento de la Reserva Nacional Tambopata pues poco a poco los mineros ilegales se van adentrando a la misma reserva.

Imagen II-5: Deforestación en el corredor minero de Madre de Dios en la Amazonia Sur Peruana desde 2000 hasta 2015.



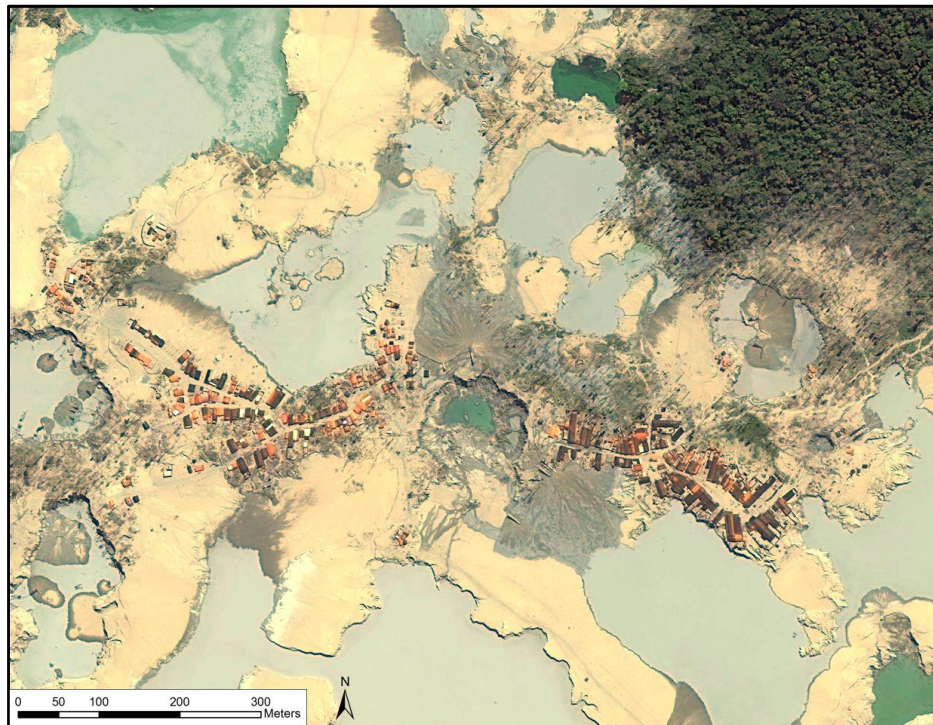
Fuente: Imagen #1: La deforestación por la Minería Aurífera Continúa su Expansión en La Pampa (Madre de Dios, Perú) - Monitoring of the Andean Amazon Project (MAAP)

La imagen pertenece al Landsat 8, donde la cobertura vegetal es representada por el color verde en sus diversas tonalidades, mientras que las áreas afectadas por la minería ilegal se encuentran coloreadas por el color negro que indica las áreas que fueron deforestadas hasta el año 2000 según los datos del Ministerio de Ambiente de Perú, el color amarillo, naranja y rojo indican áreas que fueron deforestadas entre los años 2000 y 2012 cada color cubre un período de cuatro años y el color púrpura indica las áreas que fueron deforestadas entre enero de 2013 y febrero de 2015. (Finer & Novoa, 2015)

Una de las áreas más críticas dentro del departamento de Madre de Dios es la zona llamada La Pampa la cual se ubica dentro del área de Amortiguamiento de la Reserva Nacional Tambopata, por su ubicación y según el Decreto Legislativo 1105 todas las actividades mineras que se practiquen en esta zona es ilegal.

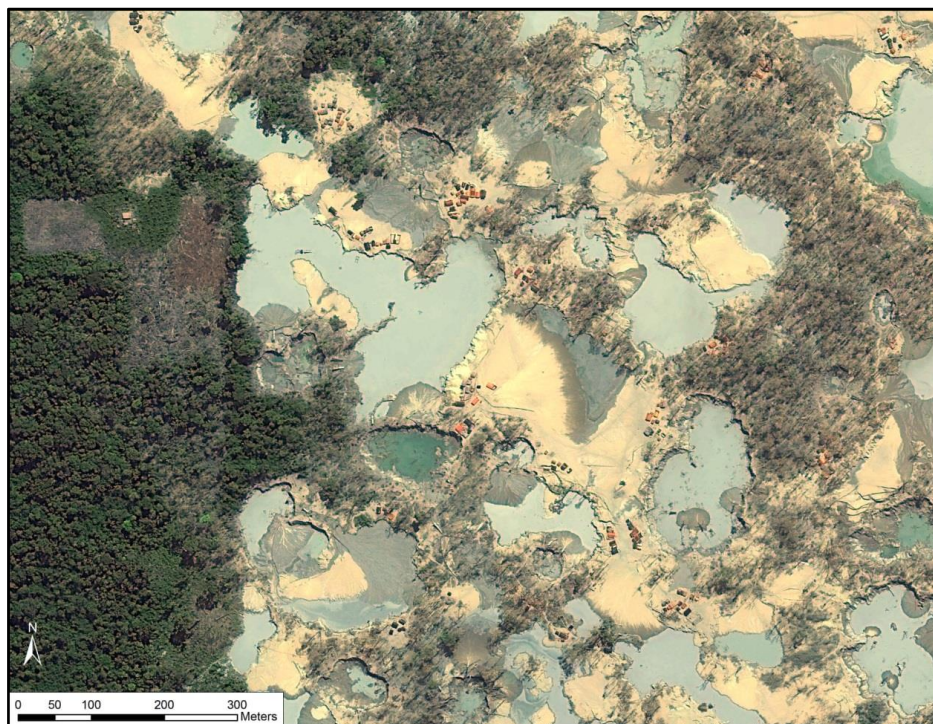
En estas imágenes se muestra en alta resolución el corazón de la actividad minera en este sector de La Pampa. En este se puede ver la gran cantidad de operaciones auríferas e infraestructura asociada, así como la expansión de sus operaciones. (Finer & Olexy, 2015)

Imagen II-6: Corazón de la actividad minera en este sector de La Pampa donde destaca la escala y magnitud de las operaciones.



Fuente: WorldView2 from Digital Globe (NextView).

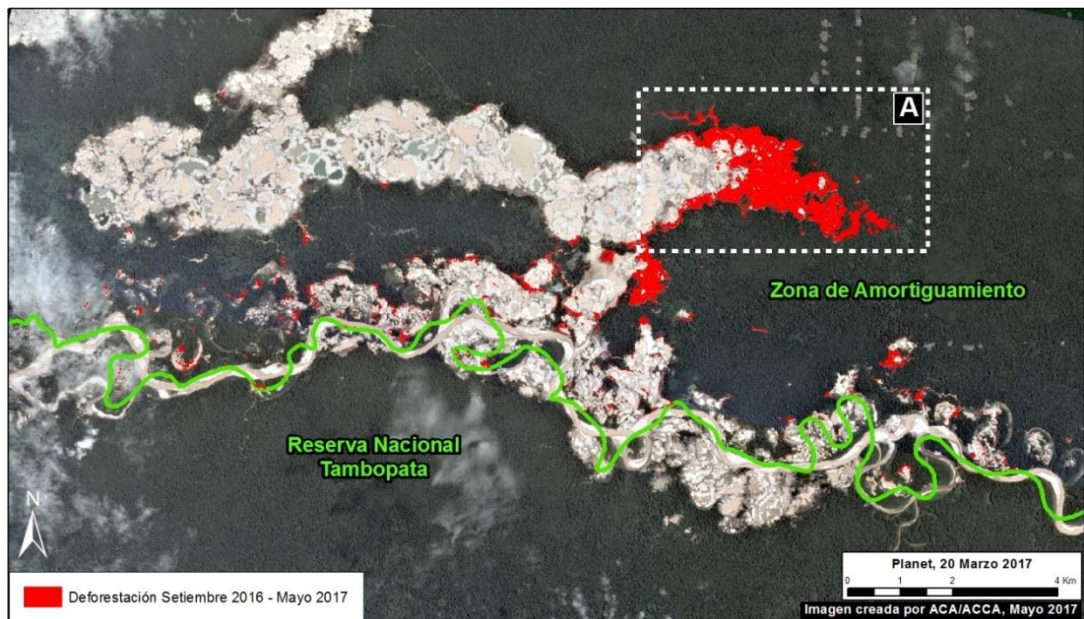
Imagen II-7: Expansión de la deforestación por minería aurífera en el sector de la La Pampa.



Fuente: WorldView2 from Digital Globe (NextView)

En una de las evaluaciones hechas por parte de Monitoring of the Andean Amazon Project (MAAP) se muestra un incremento de la deforestación de 460 hectáreas en la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional Tambopata, durante los meses de septiembre del 2016 hasta mayo del 2017 (ver color rojo en la Imagen II-8).

Imagen II-8: Expansión de la deforestación por minería aurífera en el sector de La Pampa desde septiembre del 2016 hasta mayo del 2017.



Fuente: Planet, MAAP, SERNANP.

En la Imagen II-9, se enfatiza el frente de la deforestación más reciente, mostrando su avance entre marzo (panel izquierdo) y mayo (panel derecho) del 2017.

Imagen II-9: Expansión de la deforestación por minería de marzo a mayo 2017



Fuente: Planet, MAAP, SERNANP.

2.2. MERCURIO

El mercurio (Hg) es un elemento metálico de color plata que permanece en estado líquido a temperatura ambiente, se considera un metal pesado. Entre sus propiedades físicas y químicas, cabe mencionar que su número atómico es 80, peso atómico de 200.59 g/mol, temperatura de fusión de -38.9°C , temperatura de ebullición de 357.3°C , a 0°C su gravedad específica es 13.6 g/ml y la presión de vapor 0.163 Pa. (Monteagudo, 2002)

El mercurio se obtiene como sulfuro de mercurio (mineral de cinabrio). Desde la antigüedad, las minas de cinabrio han sido la fuente mineral para la extracción de mercurio metálico. La forma metálica se refina a partir del mineral de sulfuro de mercurio calentando el mineral a temperaturas superiores a los 540°C . De esta manera se vaporiza el mercurio contenido en el mineral, y luego se captan y enfrían los vapores para formar el mercurio metálico líquido. (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA, 2002)

Una de las características del mercurio, es que este se combina con la mayoría de los metales comunes, excepto el platino y el hierro, formando así aleaciones llamadas amalgamas (Jara, 2007). Mientras que la combinación de mercurio con otros elementos, por ejemplo, cloro, azufre u oxígeno forma compuestos de mercurio inorgánico o "sales", las que son generalmente polvos o cristales blancos. (Yarto, Gavilán, & Castro, 2004)

Tabla II-1: Principales formas y compuestos inorgánicos y orgánicos del mercurio

Compuestos Químicos del Mercurio	
Mercurio Metálico (Hg ⁰)	Líquido
	Vapor
Compuestos Inorgánicos (combinaciones con CL, N, O y S)	Cloruro Mercurioso - HgCl
	Cloruro Mercúrico - HgCl ₂
	óxido mercúrico - HgO
	Sulfuro Mercúrico - HgS (cinabrio)
	Hidróxido de Mercurio - (Hg)OH ₂
	Nitrato de Mercurio Hg(NO ₃) ₂
	Perclorato de Mercurio Hg(ClO ₄) ₂
	Sulfato de Mercurio HgSO ₄
Compuestos Orgánicos (obedecen a la formula básica R-Hg-R', donde R es un radical orgánico R' una sustancia orgánica o inorgánica)	Cianato de Mercurio – Hg(CON) ₂ (fulminato)
	Radicales inorgánicos ácidos: cloruros, cianuros, fosfatos.
	Radicales orgánicos ácidos: acetato, benzoato.
	Amidas: urea, tiourea, formamida, dicianidamida.
	Fenoles: pentaclorofenol, 8-hidroxiopropilmercaptido
	Compuestos de fenilmercurio (C ₆ H ₅ Hg ⁻)
	Compuestos de p-tolilmercurio (CH ₃ C ₆ H ₄ Hg ⁻)
	Compuestos de metilmercurio (CH ₃ Hg ⁻)
	Compuestos de etilmercurio (C ₂ H ₅ Hg ⁻)
	Compuestos de isopropilmercurio
Compuestos de metoxietilmercurio (CH ₃ OC ₂ H ₄ Hg ⁻)	
Compuestos de etoxietilmercurio (C ₂ H ₅ OC ₂ H ₄ Hg ⁻)	

Fuente: Adaptación de Serie Vigilancia 7 - Mercurio. (Galvão & Corey, 1987)

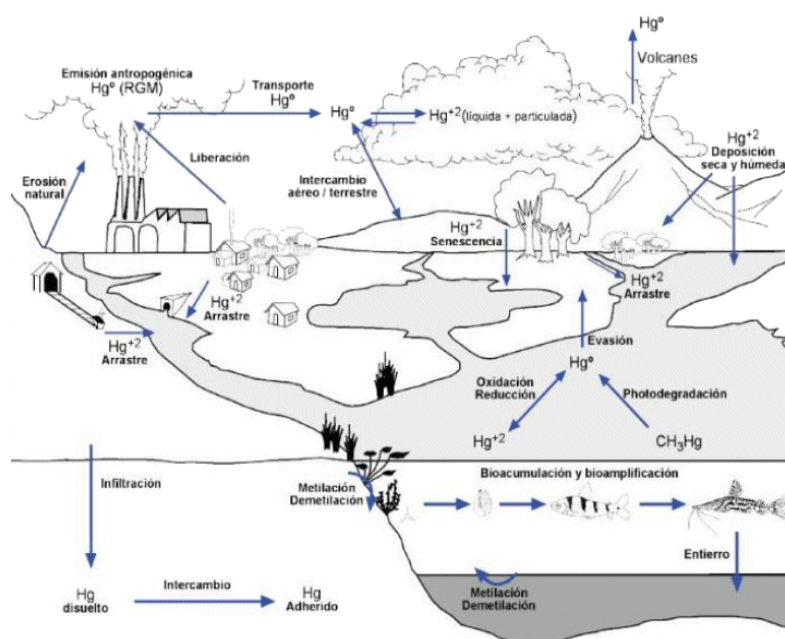
La mayoría de los compuestos orgánicos de mercurio no son solubles y no reaccionan con ácidos débiles o bases; sin embargo, del hidróxido de metilmercurio es muy soluble gracias a su gran capacidad del grupo hidroxilo para formar puentes de hidrógeno. (Gaona, 2004)

2.2.1. Ciclo del Mercurio

El ciclo del mercurio hace referencia al comportamiento interconectado del mercurio con la atmosfera, tierra, agua y biota. En el escenario atmosférico la presencia de gas mercurio elemental (Hg⁰) es el primordial, mientras que el mercurio divalente (Hg²⁺),

se encuentra en el flujo entre el medio acuático. EL suelo es regido por el (Hg^{2+}), el cual es absorbido por la materia orgánica presente en el suelo. El medio acuático cuenta con gran presencia de mercurio divalente (Hg^{2+}) pares ligando en agua y en sedimentos. Y finalmente, la biota es dominada por el metilmercurio (CH_3Hg^-). (Jara, 2007)

Imagen II-10: Ciclo Biogeoquímico del Mercurio



Fuente: Implicancia Ambiental del Mercurio en Ecosistemas Acuáticos de la Amazonía: Situación en Bolivia. (Molin et al., 2010)

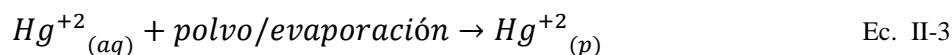
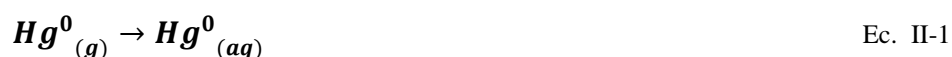
“Las fuentes naturales de Hg comprenden los volcanes, la evaporación de los sistemas terrestres y acuáticos, la degradación de minerales y los incendios forestales” (PNUMA, 2002, pág. 12). Mientras que las fuentes antropológicas se pueden considerar en dos grupos: primario, conformado por la producción de mercurio procedente de minas; secundario, procedente del desmantelamiento de plantas cloro-causticas, recuperación de residuos diversos y de la metalurgia de otros metales. (Español, 2001)

2.2.1.1. Mercurio en la atmosfera

El mercurio de la atmosfera está en su mayoría conformado de compuestos inorgánicos. Siendo el mercurio elemental (Hg^0) la especie predominante en la atmosfera es en su forma de vapor, aunque existen algunas partículas asociadas al Hg^{+2} . La preponderancia del Hg^0 en la atmósfera es producto de sus características fisicoquímicas y de las emisiones de mercurio tanto antropogénicas como naturales. Las emisiones de mercurio del suelo y compartimientos acuáticos son casi exclusivamente Hg^0 , con trazas de formas iónicas Hg^{+2} . (Martínez R. , 2015)

El vapor de mercurio Hg^0 presentar una solubilidad en agua muy baja y es muy estable en la atmosfera, con un tiempo de residencia entre seis meses a dos años, lo que permite que se desplace a largas distancias y que su concentración sea bastante uniforme en la atmosfera. (Weinberg, 2007)

Algunos mecanismos que implican la deposición del mercurio se expresan en las siguientes ecuaciones, tomadas de Lindberg et al., 2007.



Donde la Ec. II-1 solubilización del mercurio elemental por las gotas de lluvia, Ec. II-2 oxidación por acción del ozono, Ec. II-3 generación de aerosoles, Ec. II-4 reducción de mercurio inorgánico. (Lindberg, y otros, 2007)

2.2.1.2. Mercurio en el agua

“En las aguas dulces superficiales no contaminadas, el mercurio se distribuye en varias formas químicas como el: mercurio elemental que es volátil pero poco reactivo, especies mercúricas y mercurio orgánico, principalmente el metilmercurio (CH_3Hg^+). La distribución del mercurio entre la fase acuosa, las fases coloidales y las partículas en suspensión varía espacial y temporalmente. En general, la concentración de Hg^0 es mayor cerca de la interface aire-agua mientras que los niveles de Hg^{2+} y CH_3Hg^+ son más altos cerca de los sedimentos” (Cabañero, 2005, pág. 17).

“En las aguas dulces continentales no contaminadas, el Hg^{2+} no se encuentra como ion libre sino formando especies químicas con el OH^- ($\text{Hg}(\text{OH})^+$, $\text{Hg}(\text{OH})_2$, $\text{Hg}(\text{OH})_3^-$), mientras que en estuarios y océanos los clorocomplejos (HgCl^+ , HgClOH , HgCl_2 , HgCl_3^- , HgCl_4^{2-}) son las especies predominantes. En ambientes anóxicos que contengan sulfuro, el mercurio se combina para formar el precipitado de sulfuro (HgS). También en disolución en presencia de sulfuro, se encuentran los complejos de sulfuro (HgS_2H_2 , HgS_2H^- y HgS_2^{2-}) como mayoritarios. Además, una fracción de Hg^{2+} es probable que se encuentre unida a los ácidos húmicos” (Cabañero, 2005, pág. 17).

2.2.1.3. Mercurio en el suelo

El metilmercurio es la especie presente en el suelo, pero en menor medida, su alta toxicidad se le debe a que es un compuesto orgánico y puede ser asimilado por los organismos del suelo debido a su alta afinidad con ellos, lo cual limita su movilidad. La formación de este está dada por varios procesos microbianos que actúan sobre compuestos de Hg^{+2} ; la proporción media del metilmercurio con respecto al mercurio total presente en suelos y sedimentos por lo general es menor 1%. (Gaona, 2004)

2.2.2. Toxicología del Mercurio

La alta toxicidad del mercurio ha generado importantes epidemias por diferentes compuestos como el vapor de mercurio libre y compuestos orgánicos. En el siglo XIX se produjeron intoxicaciones debido a los vapores de mercurio, de un incendio en las minas de mercurio de la India y otro por derrame de mercurio metálicos de un buque de guerra británico. También ha causado intoxicaciones por el consumo de pescado contaminados, epidemias de Minamata y Nigata la cual fue responsable de más de 1200 casos de intoxicación, o por la ingesta de pan preparado con cereales contaminados por plaguicidas mercuriales, que sucedió en Irak donde hubo unos 6000 casos. Así como otras epidemias originadas por vapores de mercurio o metilmercurio en otros países como Pakistán, Guatemala y Perú. (Galvao & Corey, 1987, págs. 2-3)

2.2.2.1. Cinética y metabolismo

“El ingreso del mercurio al interior del cuerpo humano se realiza por medio de tres vías: respiratorio, digestivo y cutáneo” (Ramírez A. , 2008, pág. 47).

El Hg^0 es escasamente absorbido por el tracto gastrointestinal, cuyos valores de absorción son inferiores al 0.01%. Mientras que la ingestión de Hg^{2+} es la mayor forma de intoxicación, ya que después de ingresar al sistema digestivo puede llegar a causar una acción caustica e irritante por la alteración en la permeabilidad del tracto gastrointestinal que permite la absorción del metal. (Monteagudo, 2002)

Existe la probabilidad de que el contacto cutáneo con el Hg^0 pueda atravesar la piel, pero es de considerar que es muy probable que el metilmercurio pueda penetrar al cuerpo humano a través de la piel. Por la evidencia de intoxicaciones atribuidas a la aplicación local de pomadas con contenido de metilmercurio, aunque no se podrá

estimar, a partir de los trabajos actuales, hasta qué punto hay absorción. (Español, 2001)

2.2.2.2. Efectos en la salud humana

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2002), “la toxicidad del mercurio en la salud humana depende de su forma química, por consiguiente, los síntomas y signos varían según se trate de exposición al mercurio elemental, a los compuestos inorgánicos de mercurio, o a los compuestos orgánicos de mercurio” (pág. 38).

La exposición a los vapores de mercurio puede dar a trastornos neurológicos y de comportamiento como son los temblores, insomnio, pérdida de memoria, dolores de cabeza, así como incremento en la presión sanguínea y aceleración del ritmo cardiaco. (PNUMA, 2002)

“La ingestión de compuestos de mercurio puede causar daños renales, gastroenteritis ulcerosa y necrosis tubular aguda causando la muerte por anuria (ausencia de micción) en caso de no realizarse diálisis” (Gaona, 2004, pág. 23).

Por otro lado, los daños al sistema central nervioso al ser un órgano crítico, una exposición de los compuestos de mercurio que pueden llegar a ocasionar déficit neuropsíquicos, como “la parestesia, ataxia, perturbaciones sensoriales, temblores, trastornos de la marcha, perturbación en los movimientos oculares, pérdida de la audición, trastorno del equilibrio, y otros síntomas más subjetivos como mala memoria, dolores de cabeza, carne, articulaciones” (PNUMA, 2002, pág. 44).

El riñón es el órgano diana (órgano que tienen la capacidad de reaccionar a un estímulo específico) ya que la ingestión del mercurio inorgánico llega a provocar síndromes nefríticos como respuesta inmunotóxica. (Gaona, 2004)

Mientras que el sistema nervioso es el principal tejido diana por la intoxicación por mercurio orgánico (metilmercurio). Las regiones cerebrales relacionadas con la coordinación, como el cerebelo, son las más afectadas. La intoxicación se presenta con síntomas con la sensación de hormigueo (parestesia), malestar y visión borrosa. En caso de intoxicación crónica, estos síntomas son irreversibles debido a la destrucción de células neuronales. (Gaona, 2004)

“La reacción de algunos grupos con respecto a la exposición y el ingreso del mercurio al cuerpo puede ser diferente, como el caso de los fetos, recién nacidos y los niños pequeños, debido a que el sistema nervioso en desarrollo es muy delicado” (PNUMA, 2002, pág. iv).

Tabla II-2: *Afectaciones y repercusiones detectadas en poblaciones con alta exposición a distintas especies de mercurio*

Forma Química	Afectación	Repercusiones
Metilmercurio	Neurológica	Sistema nervioso en el desarrollo del feto y el recién nacido
		Funciones del cerebro como la atención, la memoria y el lenguaje
	Cáncer	Cáncer de hígado y de esófago
	Renal	Síndrome nefrítico
	Cardiovascular	Alteración en el corazón y al sistema circulatorio
	Genotoxicidad	Aumento del intercambio de cromosomas (indicios)
Mercurio elemental y	Neurológica	Funciones cognitivas, sensoriales, motoras y de personalidad
		Disfunción del sistema nervioso

Forma Química	Afectación	Repercusiones
compuestos inorgánicos.		Trastornos del sueño, ira, fatiga y problemas de memoria
	Renal	Ocasiona glomerulonefritis y síndrome nefrítico
	Cáncer	Cáncer de pulmón
	Aparato respiratorio	Congestión y edema pulmonar, tos, neumonitis e insuficiencia respiratoria
	Sistema cardiovascular	Taquicardia, elevación, de la presión sanguínea y palpitaciones
	Aparato digestivo	Náuseas, vómitos, diarrea y cólicos abdominales
	Glándula tiroidea	Afecta enzimas de la tiroides
	Sistema inmunológico	Cambios en el sistema de respuesta inmunitaria
	Piel	Descamación en la piel y salpullido
	Reproducción y desarrollo	Abortos, anomalías congénitas y disminución de fertilidad en mujeres
	Genotoxicidad	Inducción de micronúcleos (inducidos)

Fuente: Fraccionamiento de Suelos Contaminados con Mercurio en el Sur de la Sierra Gorda de Querétaro, México. (Martínez R. , 2015)

2.2.2.3. Efectos en otros organismos

Mamíferos. La mayoría de los datos sobre la toxicología del mercurio en mamíferos fueron obtenidos por experimentos en animales menores como (ratones, ratas, visón y nutrias), donde se demostró que los animales más pequeños son más susceptibles que los más grandes. (PNUMA, 2002)

Aves. En los años 50 y 60 las cascaras de los huevos de las aves se adelgazaron como consecuencia de la contaminación del metilmercurio que se usaba como pesticida, donde las aves granívoras y aves de rapiña se vieron afectadas hasta el punto de reducir su población. Estudios realizados en animales de granja (pollos) que fueron expuestos

al mercurio, los huevos presentan una reducción de la tasa de eclosión de los huevos, supervivencia de los pollitos y otros problemas de reproducción. (PNUMA, 2002)

Peces. Se ha encontrado una relación directa entre la concentración del mercurio y la edad de los peces; sin embargo, estudios recientes apuntan a que los efectos del mercurio presente en los peces jóvenes alteran su crecimiento, desarrollo y una reducción en sus estados hormonales. (PNUMA, 2002)

La pared intestinal de los peces actúa como barrera para especies inorgánicas de mercurio, mientras que es totalmente permeable a los compuestos orgánicos (metilmercurio), que se acumula en el tejido muscular del pez. En otros estudios donde las variables crecimiento de los peces y la concentración total de mercurio eran controladas, se han encontrado correlaciones positivas con el pH del agua. Debido a que los cuerpos de agua a pH bajos existen una mayor afinidad del metilmercurio, pudiendo ser acumulado en mayor proporción por los peces en estos entornos. (Gaona, 2004)

Microorganismos. El metilmercurio resulta ser más tóxico para los microorganismos que los compuestos inorgánicos de mercurio, ya que su toxicidad se correlaciona de manera inversa con la densidad de la célula. Un efecto en el fitoplancton por la presencia de mercurio en esta es el retraimiento del crecimiento, relacionada con la disminución de la fotosíntesis (Gaona, 2004). Sin embargo, algunos microorganismos presentan ciertos mecanismos de protección bioquímica que hacen que el ion de mercurio sea inefectivo al alterar los procesos bioquímicos normales de la célula (Boening, 2000). Estos mecanismos son:

- Bombeado de fluidos, para eliminar el mercurio del interior de la célula.

- Reducción enzimática del mercurio oxidado a la menos tóxica forma elemental.
- Complejación con polímeros enzimáticos (p.e. metalotionina).
- Anclaje en la superficie de la célula.
- Precipitación de compuestos inorgánicos insolubles (normalmente sulfuras y óxidos) en la superficie de la célula.
- Biometilación con la consecuente eliminación del metilmercurio formado a través de la membrana celular por difusión.

Plantas acuáticas. La presencia de sedimentos o materiales húmicos reduce la disponibilidad del mercurio para las plantas acuáticas vía absorción. De los compuestos mercúricos, los organomercúricos son los más tóxicos. Algunas plantas acuáticas tienen la capacidad de absorber y acumular metales pesados, lo que indica que la acumulación de mercurio puede tener lugar en raíces en lugar de rizomas o brotes, lo cual tiene un potencial para contribuir con mercurio sustancial a los alimentos, reciclando de esta forma el mercurio. (Boening, 2000)

Anfibios. No se cuenta con estudios o experimentos realizados sobre los anfibios para determinar el comportamiento del mercurio en estos organismos. Sin embargo, en muchos casos la toxicidad en los anfibios parece seguir el comportamiento descrito para los peces. (Gaona, 2004)

Plantas. La interacción entre el Hg y el sistema de la planta tienen una importancia especial, debido al uso de los desinfectantes de semillas, los fertilizantes y los herbicidas con contenido de Hg. A nivel celular, las posibles funciones que los metales

pesados pueden dañar comprenden el bloqueo de moléculas importantes (enzimas y polinucleótidos), el transporte de iones esenciales, el desplazamiento o la sustitución de iones metálicos de las moléculas (como el Mg de la clorofila), la desnaturalización o la inactivación de proteínas y la perturbación de las membranas celulares o de los organelos. (Azevedo & Rodriguez, 2012)

Muchas formas de Hg se las relaciona con lesiones en las semillas y la reducción de la viabilidad de las semillas. Con el cloruro de Hg que reduce el alargamiento de las raíces primarias de *Zea mays*, además si se incrementa la concentración de Hg en la planta, disminuía la tasa de respiración celular de las plántulas de *Vigna radiata*, al igual que el contenido total de nitrógeno y azúcares y el contenido de ADN y ARN. Además, la exposición al Hg también puede reducir la fotosíntesis, la velocidad de la transpiración y la incorporación de agua y la síntesis de clorofila. Se demostró que tanto el Hg orgánico como el inorgánico causan la pérdida de potasio, magnesio y manganeso y la acumulación de hierro. (Azevedo & Rodriguez, 2012)

2.2.3. Metilmercurio

El metilmercurio es una de las especies de mercurio más tóxicas para un gran número de seres vivos debido a su comportamiento afín con la materia orgánica y su presencia en la cadena trófica. Hay otras especies orgánicas de mercurio más tóxicas que el metilmercurio, pero la presencia de estos en el ambiente es mucho menor. El metilmercurio que se encuentra en el medio ambiente de la intervención microorganismos con el mercurio inorgánico. (Gaona, 2004)

2.2.3.1. Metilación del mercurio inorgánico

La metilación puede ser abiótico a partir de sustancias húmicas, pero este proceso es menos de una décima parte de lo que es producida por bacterias anaerobias en sedimentos, pues este resulta ser el proceso más común en la mayoría de los ambientes en los que la metilación tiene lugar.

“La metalización microbiana es un proceso que requiere un medio reducido; en donde la coenzima metilcobalamina puede convertir al mercurio a metilmercurio, este proceso se realiza en dos fases cuyo resultado es el dimetilmercurios, el cual a pH ácidos se descompone en monometilmercurio” (Torres & Gutierrez, 2001, pág. 23).

La metilación se encuentra íntimamente relacionada con la actividad de las bacterias sulforeductoras, siendo *Desulfovibrio desulfuricans* la especie identificada en la metilación que se produce en sedimentos de ríos, lagos y estuarios (Davee, Roulet, Lucotte, & Mergler, 2000, pág. 96). Aunque se han descrito otros mecanismos basados en otro tipo de bacterias, las metanogénicas como la *Methanococcus maripaludis*, se calcula que aproximadamente el 95% de la biometilación del mercurio es llevada a cabo por microorganismos sulforeductores (Choi, Chase, & Bartha, 1994). El rendimiento o la eficiencia en la biometilación dependerán por supuesto de la actividad de estas bacterias.

“El proceso de metilación efectuado por las bacterias sulfatoredutoras se expresa totalmente cuando las concentraciones de sulfatos son bajas, porque cuando estos abundan, dichas bacterias utilizan de manera más eficiente los substratos orgánicos disponibles, generando grandes cantidades de ácido sulfhídrico (H₂S) que interfiere

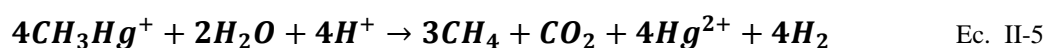
con el proceso de metilación, ya que el ácido sulfhídrico forma enlaces con el mercurio, generando HgS que precipita” (Torres & Gutierrez, 2001, pág. 24).

“Las bacterias sulfatoreductoras de diferentes grupos nutricionales, se reportó que las que utilizan piruvato y acetato producen más metilmercurio que aquellas que emplean glucosa y lactato” (Torres & Gutierrez, 2001, pág. 23).

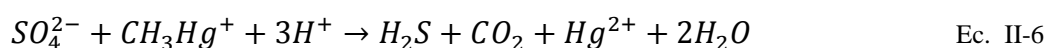
Estudios sugieren al sulfuro de mercurio (HgS) como una de las especies más apropiadas para que la metilación tenga lugar. Debido a que la reacción se lleva a cabo en el interior de la célula bacteriana, esta especie de mercurio posee una mayor facilidad para atravesar la pared celular de esta manera incrementa la eficiencia en la reacción de metilación. (Gaona, 2004)

2.2.3.2. Demetilación del metilmercurio

En contraste con la metilación, la demetilación bacteriana del metilmercurio se encuentra bien caracterizada. Esta reacción ocurre en bacterias que poseen resistencia a los organomercuriales (resistencia al mercurio de amplio espectro), y es conferido por la presencia del gen liasa organomercurial que permite a la bacteria romper el enlace mercurio-carbono del metilmercurio (Oremland, Culbertson, & Winfrey, 1991). Se comprobó la participación de las bacterias sulforeductoras y de las metanogénicas en la degradación del metilmercurio existente. La degradación que viene dada por bacterias metanogénicas en la de mayor impacto pues degrada al metilmercurio en una mayor proporción, donde la reacción estequiométrica que ocurre es la expresada en la Ec. 1.5, implicando la formación de metano. (Marvin-Dispaquale & Oremland, 1998)



Por otro lado, la degradación por las bacterias sulforeductoras, encargadas también de la metilación del mercurio inorgánico, oxida completamente al grupo metilo del metilmercurio a CO_2 , donde la reacción estequiométrica que ocurre es la expresada en la Ec. 1.6. (Marvin-Dispaquale & Oremland, 1998)



2.3. ESPECIACIÓN QUÍMICA

Los elementos inorgánicos en el ambiente se pueden presentar en especies químicas de formas diversas, donde unas pueden ser altamente soluble y otras llegan a ser tan estables que su presencia o no influye directamente con el ambiente.

De acuerdo a como el mercurio se encuentre en el suelo, esto determina sus diferentes propiedades significativas como su toxicidad, movilidad o biodisponibilidad; es por eso por lo que es de gran interés conocer las expresiones presentes en el suelo a fin de determinar las características que poseen y como interactúan el ambiente. (Gaona, 2004)

“Por especie química se entiende la forma específica en que un elemento dado se encuentra con respecto a su estado de oxidación, estructura molecular y/o composición isotópica. En cuanto al término especiación química se refiere como la clara identificación y cuantificación de las diferentes especies químicas de un mismo elemento presentes en una muestra; así mismo, se establece que la suma de todas las especies debe corresponder al contenido total del elemento en la muestra estudiada” (Martínez R. , 2015, pág. 16).

2.3.1. Especiación de mercurio en suelos

Especiación química del mercurio en los suelos o sedimentos por lo general se realizan con el fin de determinar la concentración de metilmercurio, esto es debido a su toxicidad y a su bioacumulación. Además, hay que tener en cuenta que la movilidad de mercurio orgánico está ligado a la presencia de materia orgánica. “los ácidos fúlvicos y húmicos que se encuentra en la materia orgánica tienen una capacidad para complejar al mercurio, tanto en sus formas inorgánicas como organometálicas” (Gaona, 2004, pág. 31).

Existen diferentes enfoques con los que se pueden trabajar durante la exposición de mercurio en suelos y sedimentos (Martínez S. , 2013).

2.3.1.1. Enfoque computacional

Es el enfoque más teórico debido a que los resultados obtenidos deben ser tomados con cautela. Estos datos se obtienen en base a la creación de datos con las constantes de equilibrio para reacciones entre las diversas especies de analito en todas aquellas que ganó con las que estas puedan interaccionar. (Martínez S. , 2013).

Algunos programas como FHREEQE40 y MINEQL+35 realizan esta función, pero un problema en ellos es la imposibilidad de disponer de las constantes de equilibrio. (Martínez S. , 2013).

2.3.1.2. Extracción y separación/determinación de especies de mercurio

Consiste en extraer los analitos para separar y determinar las especies correspondientes. Debido a su complejidad en la matriz de este tipo de muestras esta técnica ha resultado ser la más ampliamente usada en diversos contaminantes, en caso

de mercurio que esta técnica es de gran utilidad debido a que se puede determinar los compuestos organometálicos del mercurio, pero se limita a un número de especies estables. (Martínez S. , 2013).

2.3.1.3. Especiación directa

Este método resulta ser adecuada para determinar las especies de un mismo elemento sin realizar una extracción de estas, por otro lado, esta técnica no puede ser aplicada a sólidos ni a matrices complejas como suelos y sedimentos (Martínez S. , 2013).

2.3.1.4. Extracción secuencial

También conocida como fraccionamiento, esta técnica es utilizada para determinar el grado de asociación de los metales, otras especies químicas presentes en el suelo. El cual consiste en separar los metales mediante un solvente. Esta técnica puede ayudar a entender el movimiento los metales pesados en el suelo y las formas químicas más disponibles a los seres vivos iniciación potenciará de estos elementos (Martínez S. , 2013).

Capítulo III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Información Cartográfica

Para la elaboración de la presente investigación se utilizó información cartográfica con el fin de determinar la ubicación en coordenadas del área de estudio, conocer las características topográficas e identificar la superficie que rodea el área.

La información generada sirvió de base para la elaboración de mapas temáticos, que poseen coordenadas planas las cuales están en proyección UTM (Universal Transverse Mercator) y el Datum utilizado es el WGS84, donde el área de estudios se encuentra en la zona 19 S, para ello se usaron:

- Carta Nacional, a escala 1: 100 000 se ha obtenido del instituto Geográfico Nacional (IGN), Hoja 26-y perteneciente al cuadrángulo de la ciudad de Madre de Dios.
- Imágenes satelitales de Google Earth (imágenes QuickBird), las cuales se utilizaron para una mayor precisión de análisis.
- Página Web de instituciones públicas como el Geoservidor del Ministerio del Ambiente (MINAM), GEOCATMIN del Instituto de Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), IGN (Instituto Geográfico Nacional), Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNAP), Ministerio de Transporte y Comunicación (MTC), entre del cual se obtuvo los shapes de curvas de nivel, red hidrográfica, límite de departamentos, límite de provincias, límite de distritos, geológico, catastro minero, áreas naturales protegidas, comunidades

nativas, entre otras, las que se utilizaron para realizar los mapas usados en la presente investigación.

3.1.2. Programas Utilizados

- ArcGIS 10.3: Software producido y comercializado por ESRI®, herramienta utilizada en el campo de los sistemas de información geográfica (SIG), el cual agrupa varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño e impresión de información geográfica.
- Google Earth: Aplicación extendida de Microsoft, navegador que brinda imágenes QuickBird, el que fue utilizado para la visualización actual de la zona de estudio.
- Excel 2013: Programa desarrollado y distribuido por Microsoft, el cual fue utilizado para la elaboración de hojas de cálculo, gráficos y matrices.

3.1.3. Equipos y Herramientas

Se utilizaron los siguientes equipos:

- GPS: El equipo de posicionamiento global para determinar las coordenadas de ubicación de puntos de la zona de estudio.
- Computadora portátil: Marca Lenovo, sistema operativo de 64 bits, procesador Intel Core i5-3210M CPU 2.50 GHz, memoria RAM 6.00 GB. Edición de Windows 7.

- Cámara Fotográfica: Marca Sony, versión Cyber Shot de 16.2 mega pixeles. Utilizada para la recopilación de la información en un registro fotográfico que nos permite tener una visión más amplia y real de la zona de estudio.

Así mismo se utilizaron las siguientes herramientas:

- Kit de Jardinero de Polietileno: Estas herramientas nos permitieron la toma de muestra de forma más adecuada debido que no compromete la muestra al contacto con el material de plástico y así se evita errores de muestreo y por ende de resultados.
- Bolsas Ziploc: Permitió la recolección y el guardado de las muestras recolectadas durante el monitoreo.
- Cooler: Permitió la conservación de las muestras a la temperatura requerida durante su almacenamiento, traslado y entrega al laboratorio correspondiente para su respectivo análisis.
- Refrijerantes y Hielo: Fue usado con el fin de mantener la temperatura dentro del cooler y mantener de esta manera las muestras de suelo.
- Equipo de Protección Personal: Principalmente botas, guantes y una mascarilla fueron usadas al momento del monitoreo del suelo.

3.1.4. Personal de Apoyo

Para la toma de muestras de suelo fue necesario el apoyo de dos personas pertenecientes al cuerpo de la policía ambiental de Madre de Dios los cuales fueron designados por el comandante Jesús Garay.

3.1.5. Servicios

Para el análisis de las muestras de suelos de los puntos de monitoreo evaluados, se requirieron los servicios de un laboratorio especializado en análisis de calidad de suelos y que cuente con la acreditación correspondiente para mencionado análisis, este laboratorio fue Environmental Testing Laboratory S.A.C.

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Diseño y Nivel de Investigación

3.2.1.1. Tipo de Investigación

- Observacional, se evaluó el daño ocasionado por la minería ilegal y para ello solo analizaremos los datos obtenidos en campo.
- Prospectiva, se llevó a cabo un monitoreo de suelo ya que no se cuenta con información comparativa de la zona y que es requerido para la investigación.
- Descriptivo, la investigación solo se basa en el análisis de una variable para determinar su implicancia en el ambiente.
- Transversal, la medición de las variables será analizada una sola vez ya que la investigación se realiza para una temporada en específico.

3.2.1.2. Nivel de Investigación

El tipo de Investigación se identifica, según su finalidad como una investigación explicativa ya que se pretende evaluar cuál es el efecto de la minería ilegal en los suelos y determinar el alcance de este en el ambiente y las sociedades.

3.2.2. Población y Muestras

3.2.2.1. Población

Dentro del planteamiento se consideró como población de la presente investigación a las actividades mineras realizadas dentro de la Comunidad Nativa San Jacinto de la Provincia de Tambopata. Para la determinación del área de estudio se tuvo en cuenta la accesibilidad del área, así como el riesgo personal que implica el ingreso a un área de actividad minera en Madre de Dios, para ello se contó con la autorización del minero para el ingreso y la toma de muestras en su zona minera.

3.2.2.2. Muestra

Se establecieron ocho puntos de muestreo ubicados adentro de la concesión minera Victor II, estas se obtuvieron mediante el método de muestreo no probabilístico indicados el Anexo 2 de la Guía de Muestreo “Patrones de Muestreo para definir la Localización de Puntos de Muestreo en Suelos Contaminados”, el patrón de muestreo fue el de Distribución Heterogénea en forma de Zigzag en donde se muestrearon los vértices de este (ver tabla III-1, Mapa N° 01).

Se decidió realizar este patrón de muestreo debido al corto periodo de tiempo que se disponía para la toma de muestras, a la extensión del área intervenida y a la presencia de los propios mineros ilegales.

Tabla III-1: *Coordenadas de los puntos de muestreo de suelo de la comunidad de San Jacinto – Madre de Dios*

Punto de Muestreo	Coord. UTM WGS 84 Zona 19S		
	Norte	Este	Altitud
SJ-01-MI	8 600 218.00	448 629.00	209.00
SJ-02-MI	8 600 217.00	448 675.00	212.00
SJ-03-MI	8 600 267.00	448 662.00	209.00
SJ-04-MI	8 600 266.00	448 703.00	211.00
SJ-05-MI	8 600 299.00	448 695.00	210.00
SJ-06-MI	8 600 285.00	448 748.00	212.00
SJ-07-MI	8 600 325.00	448 729.00	210.00
SJ-08-MI	8 600 338.00	448 765.00	212.00

Fuente: Elaboración Propia

3.2.3. Metodología

En el presente ítem se detallan los procedimientos que se desarrollaron en la investigación para determinar los niveles de mercurios en los suelos afectados por la minería ilegal en la Comunidad Nativa de San Jacinto de Madre de Dios.

3.2.4. Etapas de la Investigación

3.2.4.1. Recopilación de Información

La primera etapa del trabajo correspondió a la recopilación de información correspondiente al área de estudio.

El trabajo de gabinete se tiene como fuente de estudios la información recopilada de los trabajos publicados por diversas entidades de la zona y referente al tema de investigación ya sean investigaciones de instituciones públicas o privadas, además se contempla las posibles áreas de muestreo, su accesibilidad, los potenciales riesgos que implican ingresar a esas áreas y principalmente si estas áreas se encuentran afectadas por las actividades de la minería aurífera.

3.2.4.2. Trabajo de Campo

Previo al trabajo de campo se realizó un “Plan de Monitoreo de Suelos” especificando la cantidad de puntos de monitoreo, coordenadas, forma de muestreo, etc., esto permitió preparar las herramientas y equipos necesarios para la toma de muestra.

Para la elaboración del plan de monitoreo se tomó en cuenta el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, “La Guía para el Muestreo de Suelos Contaminados”, con la cual determinaremos la cantidad de los puntos de monitoreo, la formaban de extracción y conservación de las muestras de suelo contaminadas por mercurio.

En campo se procederá a ubicar los puntos de monitoreo con ayuda de un GPS, para proceder al muestreo de suelo según el protocolo de monitoreo, se tomará registro del muestreo, así como de las actividades que se realizan en el área de estudio.

3.2.4.3. Análisis de Laboratorio

El análisis químico de las muestras se realizó en el laboratorio Environmental Testing Laboratory S.A.C. certificado por INACAL que empleó un procedimiento estándar para la precisión y exactitud en los resultados.

El procedimiento practicado fue el “EPA Methods 7471B - Mercury in Solid or Semisolid Waste (Manual Cold-Vapor Technique)” con el cual se pudo obtener la concentración del mercurio total.

3.2.4.4. Elaboración del Informe Final

Para elaboración del informe final se analizó y procesó los datos obtenidos en el área de estudio, así como también de algunas instituciones visitadas y de entrevistas a

profesionales involucrados con la problemática. Los datos de monitoreo se analizarán para su respectiva identificación de disponibilidad del mercurio en el suelo y los daños que puedan generar al ambiente y al ser humano tomando en cuenta como referencia los estándares de calidad de suelo según el Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Anexo 1. Posteriormente se realizará la interpretación, discusión de los resultados y conclusiones de la investigación.

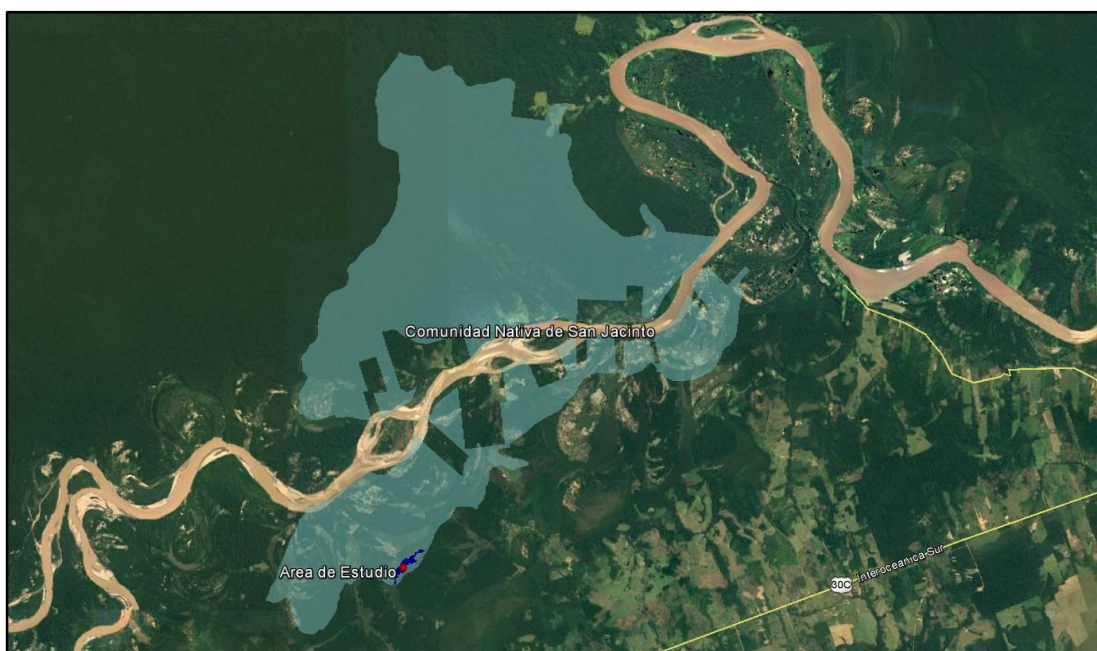
Capítulo IV: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. UBICACIÓN

4.1.1. Ubicación Política

La comunidad nativa de San Jacinto se encuentra ubicada al oeste suroeste y a unos 39.8 km. de la ciudad de Puerto Maldonado, capital del departamento. Situado políticamente en el distrito de Tambopata, provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios. Hidrográficamente, pertenece a la Intercuenca Medio Alto Madre de Dios, dentro de la Región Hidrográfica del Pacífico. (Ver Mapa N° 02).

Imagen IV-1: Imagen Satelital de la ubicación del área de estudio y de la Comunidad Nativa de San Jacinto.



Fuente: Google Earth

La comunidad está instalada dentro del corredor minero de Madre de Dios, y a pesar de encontrarse dentro de una zona permitida para las actividades de minería, aún se consideran minería ilegal debido a que hacen uso de fuentes de agua como lagunas, cochas o aguajes, los cuales su uso está restringidas para las actividades extractivas.

4.1.2. Ubicación Geográfica

Geográficamente la Comunidad Nativa de San Jacinto está emplazado en la zona 19 sur, las coordenadas de su punto centroidal se presentan en proyección UTM (Universal Transverse Mercator) y Datum WGS 84, en la siguiente tabla:

Tabla IV-1: *Ubicación geográfica de la comunidad nativa de San Jacinto*

Punto	Coord. UTM WGS 84 Zona 19 Sur	
	Norte	Este
Punto Centroidal (San Jacinto)	8 608 007.31	450 731.42

Fuente: Elaboración Propia

Mientras que el área de estudio se encuentra dentro de la Comunidad Nativa de San Jacinto al suroeste del territorio de la comunidad, cuyas coordenadas de su punto centroidal en proyección UTM WGS 84 se muestra en la siguiente tabla:

Tabla IV-2: *Ubicación geográfica del área de estudio*

Punto	Coord. UTM WGS 84 Zona 19 Sur	
	Norte	Este
Punto Centroide (Área de Estudio)	8 600 060.28	448 561.83

Fuente: Elaboración Propia

4.2. EXTENSIÓN Y LÍMITES

La Comunidad Nativa de San Jacinto cuenta con una extensión de 8803.83 ha., una altitud de 244 m.s.n.m. y un perímetro de 123.76 km. La comunidad nativa se encuentra rodeada por el oeste, norte y este por la comunidad nativa Tres Islas, mientras que por el sur se encuentra la carretera interoceánica. El área del presente estudio se encuentra dentro de la comunidad de San Jacinto, el cual abarca un área de 24.38 ha., una altitud de 212 m.s.n.m. y un perímetro de 6.10 km.

4.3. VIAS DE ACCESO

De acuerdo al Decreto Supremo N° 011-2016-MTC, en el que se actualizaron la clasificación de las rutas del sistema nacional de carreteras, la principal vía de acceso a la provincia de Tambopata, es la ruta PE-30 C, que es la carretera interoceánica que circula por el Abra Cuyuni - Ocongate - Abra Pirhuayani - Marcapata - Quincemil - Pte. Fortaleza - Pte. Inambari (PE-30 C) - Masuco - Sta. Rosa - Vírgenes del Sol (PE-5S) - Pto. Maldonado – Pte. Billinghamurst - Alegría - Mavila - Pte. Mavila - Alerta - Pte. Tahuamanu - Iberia - Pte. Yaverija – Iñapari - Pte. Iñapari (frontera con Brasil), siendo esta parte de la red vial Nacional. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones - MTC, 2016)

Tabla IV-3: Vías de acceso a la comunidad nativa de San Jacinto

Tramo	Ruta	Red Vial	Descripción	Longitud	Tiempo
Alternativa 1					
Pto. Maldonado – Las Palmeras	PE-30 C	Nacional	Carretera / Asfaltada una vía	24.7 km.	0.53 hr.
Tramo teniente Acevedo – Rio Madre de Dios	MD-546	Vecinal	Trocha una vía	14.3 km.	0.34 hr.
Total				40.0 km.	0.87 hr.
Alternativa 2					
Pto. Maldonado – San Bernardo Km. 29	PE-30 C	Nacional	Carretera / Asfaltada una vía	29.0 km.	0.59 hr.
Tramo Aguas Negras – Centro Partera	MD-541	Vecinal	Trocha una vía	12.7 km.	0.43 hr.
Total				41.7 km.	1.02 hr.

Fuente: Elaboración Propia

Para poder acceder al área de estudio, se debe hacer uso de la ruta de red vial nacional PE-30 C, la ruta MD-541 y MD-542, los cuales forma parte de la red vial vecinal de distrito de Tambopata; considerando los tramos que se detallan en la siguiente tabla.

Tabla IV-4: *Vías de acceso al área de estudio*

Tramo	Ruta	Red Vial	Descripción	Longitud	Tiempo
Pto. Maldonado – Las Palmeras	PE-30 C	Nacional	Carretera / Asfaltada una vía	29.0 km.	0.59 hr.
Tramo Aguas Negras – Centro Partera	MD-541	Vecinal	Trocha una vía	8.0 km.	0.28 hr.
Tramo Aguas Negras – Pta. de Carretera.	MD-542	Vecinal	Trocha una vía	3.4 km.	0.12 hr.
Total				40.4 km.	0.99 hr.

Fuente: Elaboración Propia

4.4. DESCRIPCION DEL MEDIO

4.4.1. Medio Físico

4.4.1.1. Geología

La comunidad nativa de San Jacinto se encuentra situada dentro de la penillanura amazónica, la cual se comporta como un gran embalse receptor de sedimentos provenientes de las partes altoandinas que se han ido acumulando desde el Terciario inferior. (Autoridad Nacional del Agua , ANA, 2010)

De acuerdo con la carta geológica del Perú, Hoja 26-y, Puerto Maldonado se puede visualizar que la comunidad nativa cuenta con tres unidades geológicas las cuales son:

Tabla IV-5: *Unidades litoestratigráficas de la comunidad nativa San Jacinto*

Eratema	Sistema	Serie	Unidades Litoestratigráficas
Cenozoica	Cuaternario	Holocena	Qh-al Depósitos aluviales
			Qh-t4 Terraza 4
		Pleistocena	Qp-md_s Formación Madre de Dios

Fuente: Adaptado del Cuadrángulo 26-y de Puerto Maldonado – INGEMMET (1996)

En la comunidad nativa de San Jacinto se evidencia una diversidad de formaciones líticas, cuyas edades pertenecen al Cuaternario, abarcando desde el Pleistoceno al Holoceno.

A) Formación Madre de Dios

Se ubica en la cuenca de Madre de Dios, en donde se logra observar su afloramiento desde el territorio boliviano, siguiendo aguas arriba desde el río hasta la confluencia con el río Colorado. Así como dentro de la cuenca del río Tambopata, partiendo desde la ciudad de Puerto Maldonado aguas arriba hasta la confluencia con el río

Malinowsky. Esta formación se encuentra ubicada sobre las Capas Rojas neocomianas. (Palacios, Molina , Galloso, & Reyna, 1996)

La formación se encuentra sobre las Capas Rojas neocomianas (Formación Ipururo), el cual puede ser observado cuando el nivel del río desciende en temporadas secas. La capa superior está conformada por depósitos cuaternarios holocénicos constituidos por gravas (Formación Pagorene) y en las localidades como Masuco un conglomerado torrencial y aluvial. (Palacios et al., 1996)

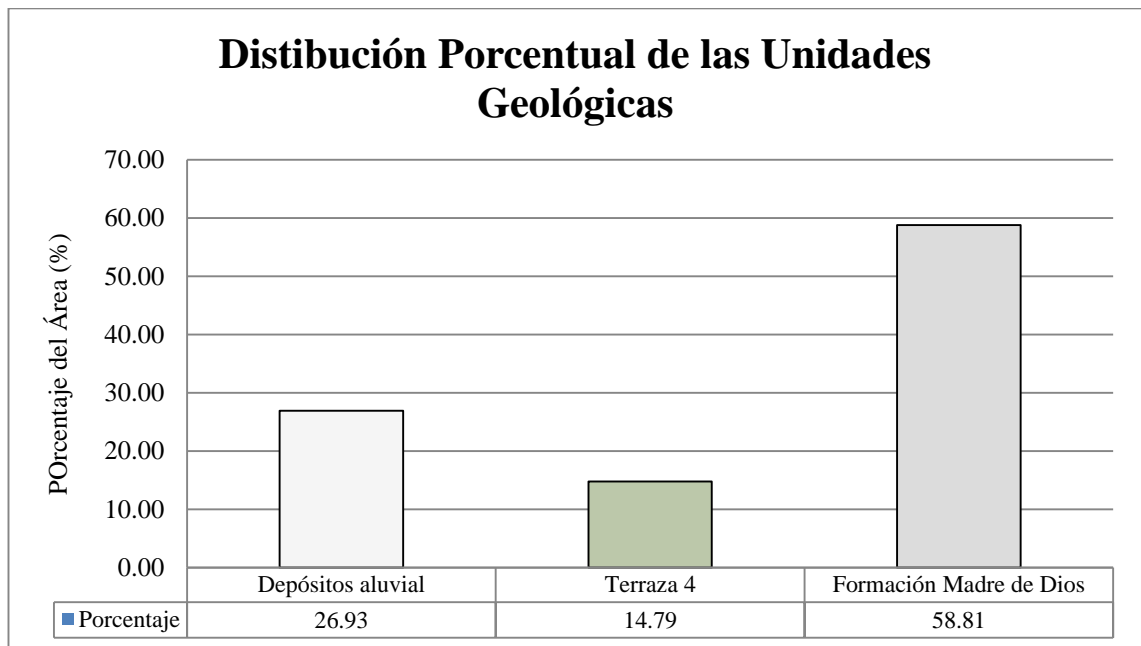
Los depósitos de la Formación Madre de Dios corresponden a las primeras acumulaciones del Cuaternario Tardío, por lo que es considerado zona de interés para los buscadores de depósitos aurífero. La presencia de oro en los depósitos corresponde a un transporte de los depósitos cuaternarios más antiguos. (Palacios et al., 1996)

B) Depósitos Cuaternarios Recientes (Depósito Aluvial y Terraza 4)

Conformado por gravas, arenas y arcillas que lo constituyen la sobrecarga, siendo en las gravas donde se encuentra el oro aluvial. En el interior de estos depósitos se encuentran niveles arenosos, se observan oxidaciones que están vinculadas a los niveles freáticos. Son las llanuras en donde se forman los meandros los cuales tienen limos, arcillas y arenas con buenos contenidos auríferos. (Palacios et al., 1996)

El oro aluvial que se encuentra en las gravas arenosas que han sido redistribuidos debido a cambios en el régimen de sedimentación aluvial. Estas zonas de reserva se encuentran a lo largo de los ríos Colorado, Inambarí, Madre de Dios y Tambopata, estos se encuentran constituida por arenas, limos y arcillas, donde se asientan los más finos en las áreas inundables y los menos finos a lo largo del canal. (Palacios et al., 1996)

Gráfico IV-1: Distribución porcentual de las unidades geológicas



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico anterior (Gráfico IV-1), se puede observar que en la comunidad nativa de San Jacinto predomina la formación geológica Madre de Dios, abarcando un área del 58.81%, seguido por los depósitos aluviales, cuyas características se describieron líneas arriba.

Por otro lado, en el Mapa Geológico se puede visualizar que el área de estudio se encuentra dentro de la terraza 4 (Qh-t4), el cual pertenece a los depósitos cuaternarios recientes, por lo que se puede comprender que es un área de interés mineralógico debido a que los depósitos aluviales que lo conforman contienen partículas de oro que arrastra desde la sierra de Cuzco.

4.4.1.2. Fisiografía

El sistema empleado para la clasificación de las unidades fisiográficas se ha desarrollado sobre la base de cuatro niveles de percepción espacial.

- Gran Paisaje o unidad genética de relieve, que se encuentra resguardada por una determinada unidad climática, el cual se ubica dentro de una provincia fisiográfica dada. (Escobedo, 2009)
- Paisaje Fisiográfico o unidad fundamental de los levantamientos edafológicos no detallados. Son identificados por la base de su morfología específica y la adición de otros atributos, como lo son el material parental y la edad, donde se clasifica en muy antiguo, antiguo, subreciente, reciente, subactual y actual. (Escobedo, 2009)
- El subpaisaje es una parte del paisaje establecido según su posición y es diferenciado por niveles. (Escobedo, 2009)
- Elementos del paisaje se le distingue por uno o más atributos morfométricos, como la forma y la pendiente que presentan; tipo y grado de la erosión, grado de la disección, y condición de drenaje. (Escobedo, 2009)

Tabla IV-6: Paisaje fisiográfico de la comunidad nativa San Jacinto

Gran Paisaje	Paisaje	Subpaisaje	Elemento del Paisaje	
Llanura aluvial	Aluvial antiguo	Terrazas altas	TA-md	Terrazas altas moderadamente disectadas
			TA-ld	Terrazas altas ligeramente disectadas
	Aluvial reciente	Terrazas bajas	TB-dip	Terrazas bajas con drenaje imperfecto a pobre
			TB-dmp	Terrazas bajas con drenaje muy pobre
		Complejo de orillares	Co	Complejo de orillares
Colinoso	Colinoso del Terciario	Colinas bajas	CB-md	Colinas bajas moderadamente disectadas
TOTAL				

Fuente: Adaptado de Zonificación Ecológica y Económica – Madre de Dios (2009)

La llanura aluvial está compuesta por sedimentos recientes, subrecientes y antiguos, los que fueron transportados por diversos ríos como Malinowsky, Los Amigos, Madre de Dios, De las Piedras, Tambopata y otros ríos pertenecientes a la red hidrológica de Madre de Dios; se caracteriza por poseer una pendiente relativamente plana (0 a 04%). (Escobedo, 2009)

Las unidades fisiográficas que se encuentran dentro de la comunidad nativa de San Jacinto, como se puede observar en la tabla IV-6, son las terrazas altas moderadamente disectadas, terrazas altas ligeramente disectadas, terrazas bajas con drenaje imperfecto a pobre, terrazas bajas con drenaje muy pobre, complejo de orillares y colinas bajas moderadamente disectadas. y medias playas, barras, islas y meandros abandonados.

A) Colinas bajas moderadamente disectadas

Conformado por terrenos elevados, los cuales son cimas planas de alturas que varían entre 30 y 50 metros y cuyas disecciones cuentan con una pendiente entre 25 a 50 %. Las cimas de estas colinas no superan el nivel superior de las terrazas altas. Conforman zonas de gran estabilidad, afectados sólo por escurrimiento difuso. (Escobedo, 2009)

B) Complejo de orillares

Son geoformas distribuidas en las márgenes del río que conforman la red hidrológica del departamento de Madre de Dios y que se presentan como líneas suavemente curvadas que tienen el aspecto de barras; son los flujos temporales del río que llegan a originarlos, debido al acarreamiento de sedimentos por el río durante las temporadas de avenida y por la pérdida de velocidad o flujo dejan sedimentos en forma de camellones. (Escobedo, 2009)

C) Terrazas bajas de drenaje imperfecto a pobre

Superficies con una pendiente menor al 2% y cuentan con un problema de drenaje interno, el cual es más notorio cuando la terraza es afectada por las inundaciones temporales. Se encuentran conformados por depósitos de sedimentos inconsolidados de limo-areno-arcillosos, por lo que generan suelos de drenaje pobre, con la presencia de un hidromorfismo fluctuante. (Escobedo, 2009)

D) Terrazas bajas de drenaje muy pobre

Son las superficies plano-depresionadas más bajas de la zona, reciben las aguas del drenaje interno de las tierras más altas cercanas y de la esorrentía. Son tierras inundables periódicamente en la temporada de avenida. Presenta una forma cóncava constituido por depósitos recientes no consolidados, En mayor proporción de sedimentos finos a muy finos, con muy alto contenido de materia orgánica. A consecuencia de la textura de sus suelos, este no presenta un drenaje muy pobre, lo que da a lugar a un hidromorfismo permanente. Por sus características, forman parte de los paisajes dominados aguajales. (Escobedo, 2009)

E) Terrazas altas ligeramente disectadas

Presenta una pendiente de 15 a 25% de pendiente, presentando una topografía ligeramente inclinada a plana y pertenece a la primera etapa de la erosión hídrica o disectación. Estas terrazas están compuestas por sedimentos finos poco consolidados, de origen aluvial antiguo, presentándose una lixiviación y/o movimiento de arcillas de las capas superiores a las más profundas, lo que ocasiona la formación de pequeños nódulos ferromagnesianos. (Escobedo, 2009)

F) Terrazas altas moderadamente disectadas

Cuenta con características litológicas, morfológicas y geológicas que las terrazas altas ligeramente disectadas, pero en cuanto a las disecciones, estas presentan una densidad más intensa y una pendiente entre 25-50%. Por lo que las cárcavas o surcos tienen mayor profundidad, mayor longitud y menos separadas entre sí, generando que las zonas planas sean más pequeñas y erosionadas. (Escobedo, 2009)

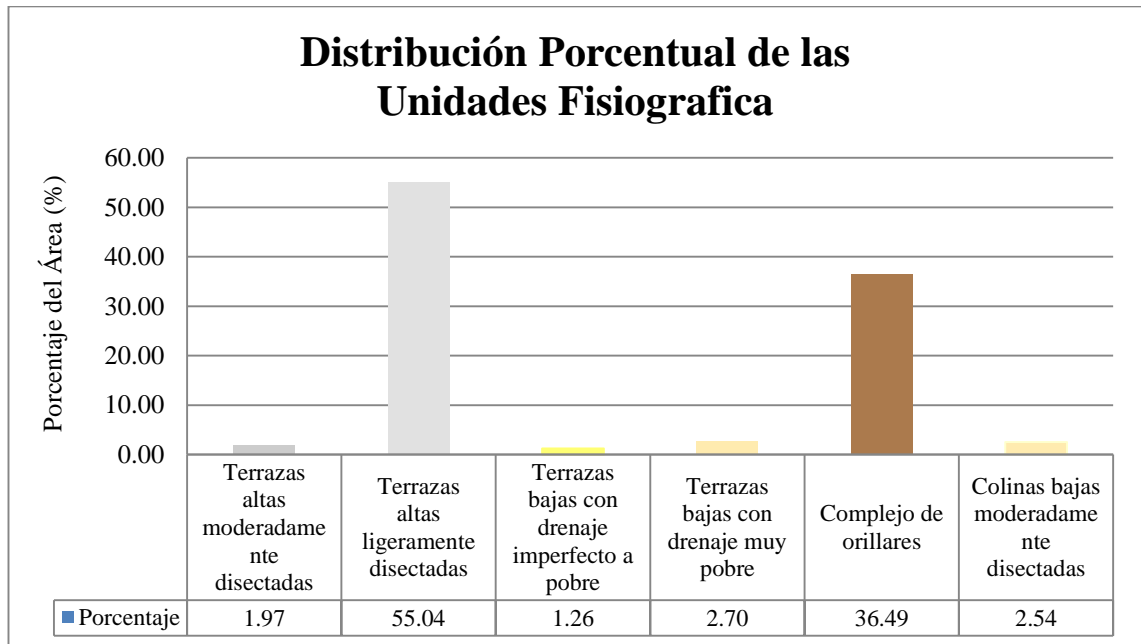
G) Playas, barras, islas y meandros

Las playas que se encuentran en las orillas de los ríos pueden dar origen a la aparición de barras o islas alargadas en sentido del cauce; donde el río forma meandros se conforman amplias playas con gran curvatura. (Palacios et al., 1996)

Por otro lado, las barras son depósitos de sedimentos finos de forma semilunar, los cuales son llamados por los mineros como *Point bar*, su origen se debe a las migraciones temporales de los sedimentos transportados por los ríos en temporada de avenida, la progresiva pérdida de velocidad del flujo permite dejar una sedimentación progresiva en forma de barra; siendo estas formaciones apreciadas por los mineros por su contenido de oro. (Palacios et al., 1996)

Las islas son depósitos de sedimentos finos ubicados en medio de los ríos, donde toman formas alargadas debido a la extensión que pueden tomar. Por último, los meandros abandonados pero que han quedado separados del cauce actual debido al estrangulamiento de una de las curvaturas a causa de la erosión de la curva, haciendo de esta una recta. (Palacios et al., 1996)

Gráfico IV-2: Distribución porcentual de las unidades fisiográficas



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico anterior (Gráfico IV-2), se puede observar que en la comunidad nativa de San Jacinto predominan las terrazas altas ligeramente disectadas, abarcando una área del 55.04%, seguido por los complejos de orillares, cuyas características se describieron líneas arriba.

Por otro lado, en el Mapa Fisiográfico se puede visualizar que el área de estudio se encuentra dentro de los complejos de orillares.

4.4.1.3. Hidrología

La comunidad nativa de San Jacinto pertenece a la Intercuenca Medio Alto Madre de Dios, siendo el río Madre de Dios el principal río que surca por esta intercuenca.

La intercuenca medio alto Madre de Dios limita con otras cinco unidades hidrográficas: por el norte limita con la Cuenca De Las Piedras, por el oeste limita con la Intercuenca Alto Madre de Dios, por el suroeste limita con la Cuenca Inambari,

mientras que por el sur limita con la Cuenca Tambopata y por último por el este limita con la Intercuenca Medio Madre de Dios.

La intercuenca medio alto Madre de Dios tiene una superficie de 1603.8 km². y un perímetro de 272.25 km., cuenta con 11 quebradas que la conforman entre ellas están la Quebrada Palmichal, San Jacinto, Chorrera, Victoria, Azul, Oculto, Andamarca, Garrapatayoc, La Unión, Sabaluyoc y Laberinto; cuenta además de ello con 14 lagos siendo estos cochas, meandros o lagos dentro de los que se destacan Paraíso, Chorrera, Visapato y Túpac Amaru como lagos o cochas mientras que Pastora Grande es un meandro.

La intercuenca medio alto Madre de Dios se ubica en la jurisdicción de la AAA Madre de Dios y en la jurisdicción de la Autoridad Local de Agua de Tahuamanu – Madre de Dios.

Uno de los medios de comunicación más importante en la cuenca del río Madre de Dios, es la navegación fluvial, los ríos más importantes donde se realiza esta actividad son el Madre de Dios, en casi la totalidad de su curso, que comunica Puerto Maldonado con los poblados de la Intercuenca Medio Alto Madre de Dios, como Salvación y el Manu.

4.4.1.4. Edafología

De acuerdo con el estudio realizado por el convenio entre el Gobierno Regional de Madre de Dios y el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, taxonómicamente se han identificado cinco órdenes de suelos dentro de la comunidad nativa de San Jacinto: Histosol, Alfisol, Entisol, Inceptisol y Ultisol; de los cuales se identificaron cinco subórdenes, seis grandes grupos de suelo. Edáficamente se identificaron siete series de suelos divididos en dos consociaciones⁴ y cinco asociaciones⁵, además se ha reconocido una unidad de áreas misceláneas. Como se muestra en la tabla IV-7. (Escobedo, 2009)

Tabla IV-7: *Clasificación natural de los suelos de la comunidad nativa San Jacinto*

SOIL TAXONOMY (1998)				SERIE
Orden	Sub Orden	Gran grupo	Subgrupo	
Inceptisol	Udepts	Dystrudepts	Aquic Dystrudepts	Shimbillo, Agua Negra
Histosol	Fibrists	Haplofibrists	Hydric Haplofibrists	Aguajal II
Alfisol	Udalfs	Hapludalfs	Typic Hapludalfs	Castañal
Ultisol	Udults	Hapludults	Typic Hapludults	Alerta
		Rhodudults	Typic Rhodudults	Villa Rocio
Entisol	Fluents	Udifuvents	Typic Udifuvents	Wicungo

Fuente: Zonificación Ecológica y Económica del Departamento de Madre de Dios. (Escobedo, Zonificación Ecológica y Económica del Departamento de Madre de Dios - Suelo y Capacidad de Uso Mayor de la Tierra, 2009)

⁴ Es una unidad cartográfica que tiene un solo componente edáfico.

⁵ Se denomina así a la unidad cartográfica no taxonómica, compuesta por dos o más unidades taxonómicas (sub-grupo), asociadas geográficamente por posición fisiográfica o por la naturaleza del material, indicándose el porcentaje o la porción, así como el patrón distributivo de suelos.

A) Serie Agua Negra (Fluvaquentic Eutrudepts)

Están constituidos por suelos formados a partir de sedimentos aluviales antiguos de topografía plana. Son suelos profundos, con alto desarrollo genético, con perfiles Tipo ABC, cuentan con un drenaje impermeable, los tonos varían de pardo grisáceo muy oscuro a gris claro en los primeros 50 cm. de pardo a pardo oscuro de los 50cm hacia los 140 cm. y textura media a moderadamente fina presenta colores rojizos matizados con moteaduras de color gris pardo claro. (Escobedo, 2009)

Son de reacción fuertemente ácida a extremadamente ácida (pH 4.3 – 5 .2), con alto contenido de materia orgánica, medio de fósforo y potasio, en el horizonte superficial, la saturación de bases oscila entre 56% y 92%. La capacidad de intercambio catiónico fijada por el acetato de amonio, varía de 11.20 a 21.28 m.e.q/100 gr. de suelo. De acuerdo con las características químicas indicadas son suelos de fertilidad natural baja media. (Escobedo, 2009)

B) Serie Aguajal II (Hidric Hapofibrists)

Está conformada por suelos de la Serie Aguajal I. Fisiográficamente se sitúa en terrazas bajas depresionadas de drenaje muy pobre, contiguos a los grandes ríos de la zona. (Escobedo, 2009)

Semejante al suelo de la serie Aguajal III. Este suelo formado por un colchón de materia orgánica de más de 2 metros de profundidad, de diferente estado de descomposición, son de perfil tipo ACg y están saturados casi permanentemente de agua, de tono pardo oscuro. La misma que se asienta sobre un horizonte arcilloso de tono gris azuláceo impermeable. (Escobedo, 2009)

Con alto contenido de materia orgánica en la superficie (53.8%), reacción moderadamente ácida y extremadamente ácida, con alto contenido de saturación de bases y contenido medio de materia orgánica en el horizonte inferior (3.2%). Por las severas limitaciones de drenaje, la capacidad potencial de estos suelos es para protección. (Escobedo, 2009)

C) Serie Villa Rocío (Typic Rhodudults)

Son suelos profundos a muy profundos, con proceso genético tipo ABC, de tono rojo; moderadamente bien drenados, la textura varía de moderadamente fina a fina. (Escobedo, 2009)

Químicamente presentan una reacción fuertemente ácida (pH 4.6); bajo en fósforo, de bajo en potasio, bajo contenido de materia orgánica y presentan baja saturación de bases por adición de cationes. (Escobedo, 2009)

D) Asociación Alerta – Castañal

Está conformada por los suelos de la serie Alerta (60%) y la serie Castañal (40% restante). Se encuentran en colinas bajas de ligera a moderadamente disectadas y en terrazas altas de ligera a fuertemente disectadas. Su capacidad de uso es para producción forestal y cultivo permanente. (Escobedo, 2009)

Serie Alerta (Typic Hapludults)

Son suelos profundos, con proceso genético tipo ABC, bien drenados, tonalidad pardo amarillentos, predominantemente de textura moderadamente fina. Químicamente presentan una reacción moderadamente ácida a fuertemente ácida (pH 4.5 – 5.2); bajo en fósforo y potasio, bajo contenido de materia orgánica, la saturación de bases se encuentra por debajo del 35 %. (Escobedo, 2009)

Serie Castañal (Typic Hapludalfs)

Comprende suelos moderadamente profundos a profundos, con proceso genético tipo ABC. Los tonos varían de amarillo a rojo amarillento; bien drenados, con textura que varían de moderadamente fina a moderadamente gruesa. (Escobedo, 2009, pág. 27)

Químicamente muestra una reacción que varía de extremadamente ácida a fuertemente ácida, presentan alta saturación de bases en los horizontes superficiales. La capacidad de intercambio catiónico es baja, fósforo y potasio disponible en todo el perfil, y, con bajo contenido de materia orgánica. La fertilidad originaria de los suelos es baja. (Escobedo, 2009)

E) Asociación Wicungo – Shimbillo

Derivados de depósitos aluviales recientes, situados en orillares y terrazas bajas de drenaje imperfecto a bueno, con pendientes de 0 – 2%, y, se encuentran a lo largo de los afluentes menores y los ríos: Tambopata, Madre de Dios, Elías Aguirre y Malinowsky. Los suelos de esta asociación están conformados por el suelo Wicungo (60 % de la asociación) y el suelo Shimbillo (40 % restante), que presentan drenaje imperfecto. (Escobedo, 2009)

Serie Wicungo (Typic Udifluvents)

Están compuestos por suelos de origen aluvial reciente, de diversa litología, principalmente arcillas, arena y limos, depositados por los principales ríos de la zona de estudios y que pueden ser inundadas moderadamente por breves periodos de tiempo en épocas de crecidas. Contempla un moderado proceso de erosión lateral, debido al socavamiento del talud de las terrazas en épocas de avenidas. (Escobedo, 2009)

Son suelos profundos a moderadamente profundos, no presentan desarrollo genético, tienen un perfil tipo AC, son de color pardo oscuro y de textura media, de drenaje bueno a moderado. (Escobedo, 2009)

Químicamente son de reacción moderadamente ácida (pH 5.6 – 5.9), bajo contenido de materia orgánica, y de potasio y fósforo disponible. La capacidad de intercambio catiónico diversa de 9.6 a 11.8 m.e.q/100 gr. de suelo y 90% de saturación de bases. Estas características le conceden un grado de fertilidad natural media. (Escobedo, 2009)

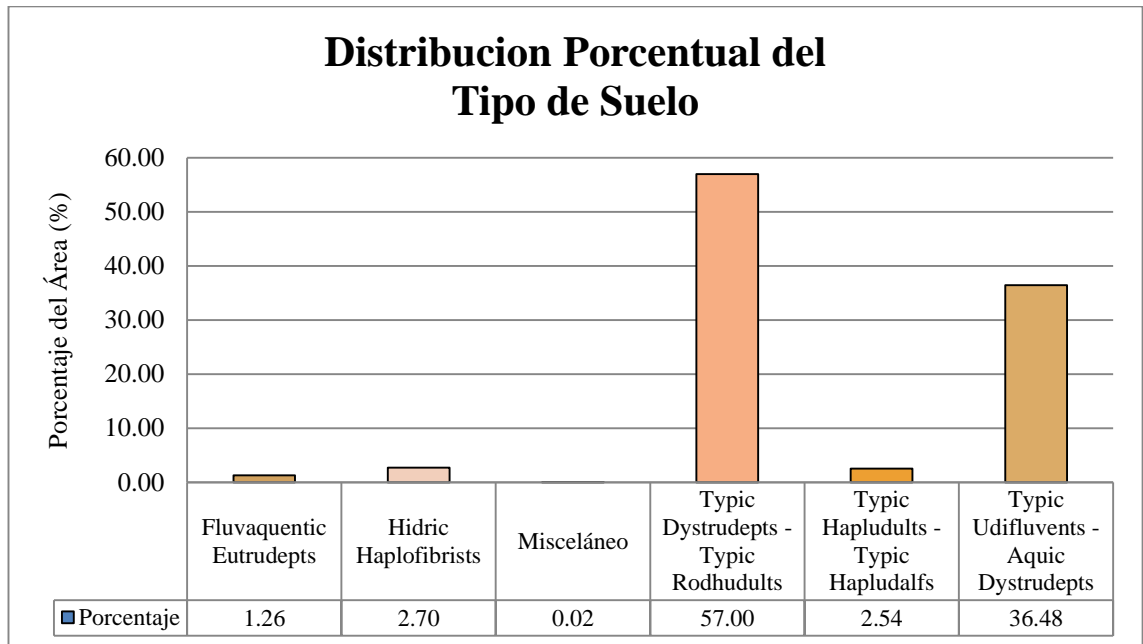
Serie Shimbillo (Aquic Eutrudepts)

Están constituidos por suelos de origen aluvial reciente, que son depositados cada año por la avenida de los ríos que discurren en la zona de estudio. Se observa un moderado proceso de erosión lateral, a causa al socavamiento del talud de las terrazas en épocas de avenidas. (Escobedo, 2009)

Son suelos profundos a moderadamente profundos, presentan proceso genético, tienen un perfil tipo ABC. Los tonos varían de gris claro a pardo grisáceo en los primeros 120 cm. a pardo amarillento en los horizontes más profundos; de drenaje bueno a imperfecto y de textura media. (Escobedo, 2009)

Químicamente su reacción varía de muy fuertemente ácida a extremadamente ácida (pH 4.2 – 5.0), contenido medio de materia orgánica, alto de fósforo y bajo de potasio disponible en los primeros 55 cm. decreciendo en los horizontes más profundos. La capacidad de intercambio catiónico diversa de 17.1 a 8.8 m.e.q/100 gr. de suelo y la saturación de base diversa de 78 a 94%. Estas características le conceden un grado de fertilidad natural media. (Escobedo, 2009)

Gráfico IV-3: Distribución porcentual del Tipo de Suelo



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico (Gráfico IV-3), se puede observar que en la comunidad nativa de San Jacinto predomina el tipo de suelo Typic Dystrudepts - Typic Rodhudults, abarcando un área del 57.00%, el cual pertenece a la serie de suelo Asociación: Villa Rocio cuyas características se describieron líneas arriba.

Por otro lado, en el Mapa Edafológico se puede visualizar que el área de estudio se encuentra dentro de la Typic Udifluvents - Aquic Dystrudepts (TYuf-AQd), el cual pertenece a la serie Asociación: Wicungo-Shimbillo.

4.4.1.5. Climatología

De acuerdo con el mapa temático “Clasificación climática del Perú” elaborado por el SENAMHI. La comunidad nativa de San Jacinto se encuentra dentro de la zona climática A(r)A'H4, cuya nomenclatura es zona con precipitación abundante durante

todas las estaciones, cálido, con humedad relativa calificada como muy húmedo. (SENAMHI, 2014)

El diagnóstico climático se realizó a partir de la estación meteorológica de Puerto Maldonado (SENAMHI), que se encuentra ubicado a unos 27.7 km de la comunidad resultando ser la más cercana al área de estudio y a una altitud de 200 msnm, el registro pertenecientes a los años 2014 al 2016, nos muestra que el promedio total mensual de precipitación desde 187.72 mm, mientras que en el mes de enero del 2014 se presentó con una precipitación total máxima de 587.80 mm y en el mes de Junio una precipitación total mínima de 11.60 mm. A nivel anual, la precipitación total media del periodo 2014 – 2016, es de 2127.50 mm/año. Por otro lado, la temperatura media anual es de 27.03 °C, la máxima media mensual es de 31.40 °C, la mínima media mensual es de 21.90 °C. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI, 2017)

Los meses de ocurrencia de friaje ocurren entre mayo a setiembre, siendo este un fenómeno en el cual las masas de aire del Anticiclón Polar marítimo ingresan al continente sudamericano y son distribuidos por los Andes llegando hasta Bolivia. El proceso origina el ascenso de aire tropical caliente y liviano provocando frentes fríos y nubosos. (Municipalidad de Tambopata, 2014)

La humedad relativa promedio anual registro valores entre 70 a 80% del área próxima a la comunidad nativa de San Jacinto, la velocidad promedio es de 12 km/h entre las 3:00 p.m. y 4:00 p.m.; por lo que se genera una brisa suave que recorren en dirección de Sureste a Noroeste, sobre el cauce del río Madre de Dios. Por último, el promedio de horas de sol durante el año es de 2031 horas, donde el promedio de horas de sol

diarias se encuentra entre seis a siete horas sobre la ciudad de Puerto Maldonado. (Municipalidad de Tambopata, 2014)

4.4.2. Medio Biológico

4.4.2.1. Zonas de Vida

Según el “Mapa Ecológico del Perú” del Instituto Nacional de Recursos Naturales; en la cual describe la elaboración de mapas climáticos del Perú utilizando la Clasificación climática de los Drs. Warren Thornthwaite y Leslie R. Holdrige, se ha identificado que la comunidad nativa de San Jacinto se encuentra dentro de la zona de vida del bosque húmedo Subtropical (bh-S). (Instituto Nacional de Recursos Naturales - INRENA, 1995)

El bosque húmedo Subtropical (bh-S), esta zona de vida se sitúa en el llano amazónico al este del departamento y específicamente hacia el sureste, del territorio provincial, colindante con la República de Bolivia, comprendiendo parte de los territorios de los distritos de Laberinto, Tambopata y Las Piedras; comprende territorio de los centros poblados: La Pastora, Puerto Maldonado, San Jacinto, Infierno, Izuyama, San Bernardo, Tres Islas, en el distrito de Tambopata. (ANA, 2010)

Presenta un relieve topográfico dominada por colinas donde el suelo es bastante variado y constituido por un suelo profundo de textura pesada a media, existe una influencia de material calcáreo, donde aparecen suelos más fértiles y pH más básico. (ANA, 2010)

4.4.2.2. Cobertura Vegetal

La formación vegetal existente en la comunidad nativa San Jacinto se encuentra en la clasificación “Bosque”, esta formación está constituida por cuatro tipos de cobertura vegetal los cuales se pueden observar en la tabla IV-8. (Ministerio del Ambiente - MINAM, 2015)

Tabla IV-8: *Tipos de coberturas vegetales de la comunidad nativa San Jacinto*

CLASIFICACION DE LA COBERTURA VEGETAL			
Región natural	Macroprovincia de humedad	Formación vegetal	Tipos de cobertura vegetal
Tropical (selva baja)	Perhúmedo	Bosque	Bcb Bosque de colina baja
			Bta Bosque de terraza alta
			Bta-cas Bosque de terraza alta con castaña
			Btb Bosque de terraza baja
			Bi-pal Bosque inundable de palmeras
Otras unidades de cobertura			Ano-ba Areas de no bosque amazónico

Fuente: Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (Ministerio del Ambiente - MINAM, 2015)

A) Bosque inundable de palmeras o aguajal (Bi-pal)

Este tipo de cobertura vegetal bosque conocido como “aguajal”, se ubica en la gran llanura aluvial de la Selva Amazónica, desde el nivel más bajo de los grandes ríos hasta aproximadamente los 750 m. s. n. m., con una gran concentración en las grandes depresiones. (Ministerio del Ambiente - MINAM, 2015)

Este bosque se encuentra inundado casi durante todo el año, producto de las inundaciones que generan los ríos durante su creciente sumado a la precipitación pluvial. Los suelos presentan un pobre drenaje y abundante materia orgánica con lenta descomposición. (MINAM, 2015)

B) Bosque de terraza baja (Btb)

Este tipo de cobertura boscosa se ubica en la llanura aluvial de la selva baja, ocupando las terrazas bajas tanto recientes como sub-recientes (inundables) y las terrazas antiguas o terrazas medias (no inundables), cuya diferenciación no fue posible debido a la escala de mapeo y tipo de imagen satelital utilizado. Por lo general, se ubican por debajo de los cinco metros de altura respecto al nivel de las aguas y con pendiente de 0-2 %, formadas por sedimentos aluviónicos provenientes de los materiales acarreados por los ríos y quebradas que discurren, depositados en el Cuaternario. (MINAM, 2015)

C) Bosque de terraza alta (Bta)

Este bosque se encuentra ubicado en una plataforma compuesta por acumulación fluvial antigua con pendiente de 0-15 % y aproximadamente sobre los 10 m. de altura respecto al nivel de las aguas; también existen terrazas de origen tectónico, muchas de ellas alejadas de los ríos y pueden ser planas, onduladas o disectadas. Esta última, representa el segundo proceso erosivo originado por la precipitación pluvial, la cual produce disecciones en diferentes grados de intensidad traduciéndose en cauces desde superficiales hasta profundos (MINAM, 2015)

Este bosque presenta un gran potencial de recursos forestales maderables y no maderables, así como de servicios ambientales; debido a la cercanía de algunas áreas, éstas son más expuestas a las actividades de deforestación. (MINAM, 2015)

D) Bosque de terraza alta con castaña (Bta-cas)

Este tipo de cobertura se ubica en las terrazas aluviales antiguas sobre suelos ultisoles (arriba de los 10 m. sobre el nivel hídrico local). Estos bosques con castaña (conocida

también como “nuez de Brasil”), se ubican en la zona suroriental del departamento de Madre de Dios. (MINAM, 2015)

En estos bosques sobresalen árboles dominantes de la especie *Bertholletia excelsa* (“castaña”), quienes alcanzan alturas hasta de 60 m. y DAP hasta más de dos metros, siendo a su vez muy longevos. Se ha reportado densidades poblacionales en los diferentes sectores y zonas castañeras y que varían desde 0,3 hasta 1,3 árboles/ha. (MINAM, 2015)

La “castaña” es una especie de importancia económica, debido al aprovechamiento que se realiza a su fruto, que en la actualidad tiene un comercio nacional e internacional importante como, por ejemplo, en el año 2012 se exportó un total de 3 139 117 kg con un valor FOB de US\$ de 21 574 678,58 con precio de 6,87 US\$/kg. (MINAM, 2015)

E) Bosque de colina baja (Bcb)

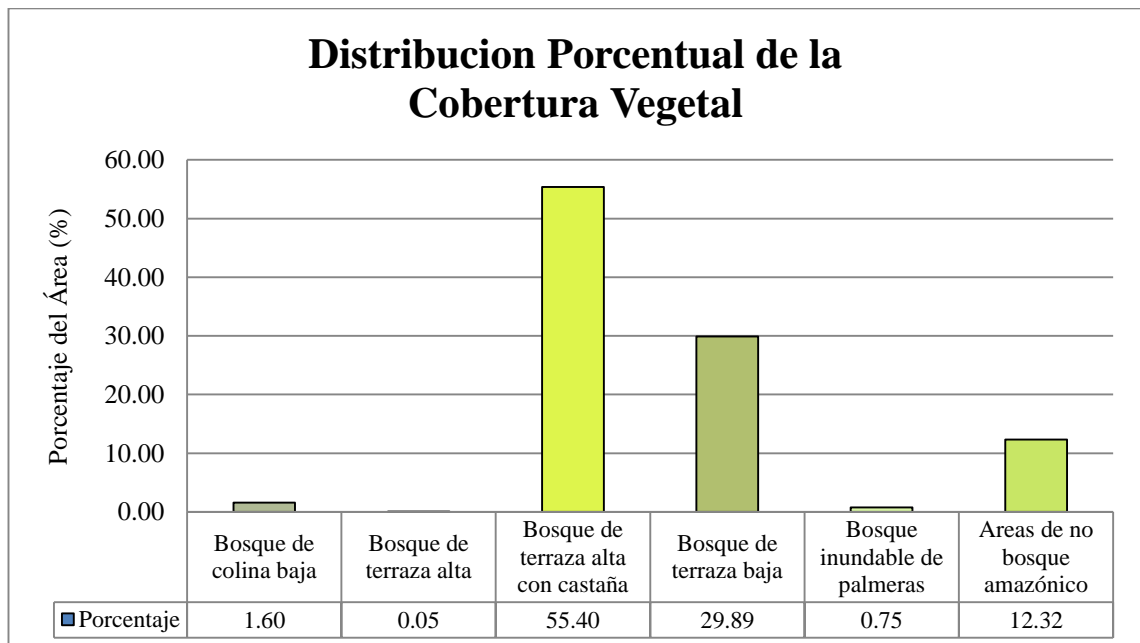
Esta unidad de cobertura vegetal involucra a los bosques desarrollados en dos tipos de geoformas (colinas bajas y lomadas) y que debido a la escala de trabajo y a la resolución espacial de las imágenes satelitales no permitieron su discriminación. (MINAM, 2015)

En cuanto al bosque ubicado en las colinas bajas, cuya superficie es mucho mayor que el de las lomadas, se desarrolla en tierras originadas por acumulación fluvial muy antigua y que se presenta con diferentes grados de disección o erosión, con una elevación topográfica menor de 80 m. de altura con respecto a su base. (MINAM, 2015)

F) Áreas de no bosque amazónico

Esta unidad de cobertura se encuentra ubicada en la región Amazónica y comprende las áreas que fueron desboscadas y hoy convertidas en áreas agropecuarias, es decir, actualmente con cultivos agrícolas y pastos cultivados; asimismo, comprenden todas las áreas cubiertas actualmente con vegetación secundaria (“purma”) y que están en descaso por un determinado número de años hasta que retorne la fertilidad natural del suelo, para ser nuevamente integradas a la actividad agropecuaria. (MINAM, 2015)

Gráfico IV-4: Distribución porcentual de la Cobertura Vegetal



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico (Gráfico IV-4), se puede observar que en la comunidad nativa de San Jacinto predomina la cobertura vegetal bosque de terraza alta con castaña, abarcando un área del 55.40%, cuyas características se describieron líneas arriba.

Por otro lado, en el Mapa de Cobertura Vegetal se puede visualizar que el área de estudio se encuentra fuera del bosque amazónico, esto es debido a que la zona fue deforestada para las actividades de minería aurífera fluvial.

4.4.2.3. Áreas Naturales Protegidas

De acuerdo con el Mapa de las Áreas Naturales Protegidas elaborado por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas – SERNANP; en el área en el que se ubica la comunidad nativa de San Jacinto no se existen áreas naturales protegidas públicas o privadas. (Servicio Nacional de Areas Naturales Protegidas - SERNANP, 2017)

La Reserva Nacional de Tambopata es el área natural protegida nacional más cercana al área de estudio, ubicándose a 21.8 km., mientras que el Área de Amortiguamiento de la Reserva Nacional de Tambopata se ubica a solo 4.8 km. del área de estudio. Por otro el Áreas de Conservación Privada más cercano al área de estudio se encuentra a unos 18.0 km. (SERNANP, 2017)

4.4.3. Medio Socioeconómico

La Comunidad Nativa de San Jacinto está ubicado en el distrito de Tambopata de la provincia de Tambopata del departamento de Madre de Dios, ha sido identificado como Pueblo Indígena Shipibo-konibo ubicado en la Amazonía Peruana, mediante Resolución Ministerial N°321-2014-MC, emitida por el Ministerio de Cultura y se le ha otorgado la clasificación socioeconómica de pobre extremo mediante Resolución Ministerial N°227-2014-MIDIS. (Ministerio de Cultura, 2017)

La comunidad nativa San Jacinto cuenta con una población total de 228 habitantes, encontrándose 58 familias dentro de la comunidad. Las actividades económicas de la comunidad nativa se limitan a la producción de arroz, la recolección de castañas y la minería aurífera. Las infraestructuras con las que cuenta la comunidad se limitan principalmente a una escuela primaria, por la que no cuenta con una escuela secundaria ni puesto de salud dentro de su territorio. (Dirección de Seguimiento de Políticas Sociales de la Dirección General de Seguimiento y Evaluación - MIDIS, 2014)

En el mapa N° 9 (Mapa de Catastro Minero), se puede observar que el área de estudio se encuentra dentro de la concesión minera llamada Víctor II, dicha concesión pertenece a la Minera Abel SAC., cuya fecha de denuncia fue el 14 de agosto de 1998 contando con 600 Ha., siendo el estado actual de su Derecho Minero se encuentra Extinguido publicado de Libre Denunciabilidad. (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, 2016)

Lo que significa que las actividades realizadas en el área corresponden a actividades de mineral informal pues no cuentan con la documentación otorgada por el ministerio de energía y minas, además las actividades extractivas se practican haciendo uso de agua proveniente de cuerpos de agua, el cual está prohibido por la DREM de Madre de Dios, lo que la convierte en una actividad minera ilegal. (INGEMMET, 2016)

Capítulo V: RESULTADOS

5.1. SUELO DEL AREA

De acuerdo con la clasificación taxonómica de los suelos el área de estudio pertenece a la serie Wicungo-Shimbillo.

La serie Wicungo cuenta con una clasificación natural Typic Udifluvents, propio de terrazas bajas de depósitos aluviales recientes, cuya pendiente se encuentra entre los 0 – 2%. Cuenta con un perfil modal conformado por tres (03) horizontes: (Escobedo, 2009)

- Horizontes A1, cuya profundidad es de 0 a 25 cm., cuya textura es franco limoso, de color pardo oscuro, cuenta con un pH ligeramente ácida de 5.9 y no posee un alto contenido de materia orgánica (1.6%). (Escobedo, 2009, pág. 107)
- Horizonte C1, cuya profundidad es de 25 a 60 cm., posee la mayoría de las características del horizonte anterior, aunque su pH se reduce a 5.8. (Escobedo, 2009)
- Horizonte C2, cuya profundidad es de 60 a 120 cm., posee la mayoría de las características del horizonte anterior, aunque su contenido de materia orgánica se reduce en 0.3%. (Escobedo, 2009)

Por otro lado, la serie Shimbillo, que pertenece a la clasificación natural Aquic Eutrudepts, propia de una fisiografía de complejo de orillas de depósitos aluviales, donde las pendientes varían de 1 a 4% y poseyendo una vegetación primaria. Cuenta con un perfil modal conformado por cuatro (04) horizontes. (Escobedo, 2009)

- Horizontes A1, cuya profundidad es de 0 a 20 cm., cuya textura es arcillosa, de color gris a gris claro con manchas amarillo rojizo en un 10%, cuenta con un pH moderadamente ácido de 4.2 y un contenido de materia orgánica de 2.4%. (Escobedo, 2009)
- Horizonte B1, cuya profundidad es de 20 a 55 cm., posee una textura franco-arcillosa, de color pardo grisáceo con manchas pardo fuerte en un 20%, cuenta con un pH moderadamente ácido de 4.5 y un contenido de materia orgánica reducido a 2.0%. (Escobedo, 2009)
- Horizonte B2, cuya profundidad es de 55 a 120 cm., posee una textura franco-arcillosa, de color pardo grisáceo con manchas pardo fuerte en un 30%, cuenta con un pH moderadamente ácido de 5.0 y un contenido de materia orgánica reducido a 1.5%. (Escobedo, 2009)
- Horizonte C, cuya profundidad es de 120 a 150 cm., cuya textura es franco limoso, de color pardo amarillento, cuenta con un pH ligeramente ácida de 4.9 y un bajo contenido de materia orgánica (1.6%). (Escobedo, 2009)

El análisis de las características tanto físicas, químicas y mecánicas de estos suelos se muestran a continuación, en la tabla V-1:

Tabla V-1: Análisis de Caracterización del suelo del área de estudio

CARACTERISTICAS FISICAS, QUIMICAS Y MECANICAS DEL SUELO DEL ÁREA DE ESTUDIO																						
Serie	Clasificación Natural	Horizonte	Prof. (cm)	pH	C.E. (dS/m)	M.O. (%)	CaCO ³ (%)	K (ppm)	P (ppm)	Análisis Mecánico			Clase textura	CIC	Cambiables					Suma de Aniones	Suma de Cationes	% Sat. de Bases
										Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)			Ca ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Mg ⁺²	Al ⁺³ +H ⁺			
Wicungo	Aqic Dystrudepts	A	0-25	5.87	0.04	1.6	-	50	1.9	20	70	10	Fr. L	11.84	6.49	0.13	0.14	1.46	0.20	8.42	8.42	98
		C1	25-60	5.79	0.04	1.6	-	46	3.2	22	64	14	Fr. L	9.60	5.32	0.12	0.12	1.48	0.20	7.24	7.24	97
		C2	60-120	5.75	0.03	1.3	-	47	5.1	44	62	14	Fr. L	10.88	5.98	0.13	0.20	2.03	0.30	8.64	8.64	97
Shimbillo	Typic Udifluvents	A	0-20	4.21	0.07	2.4	-	77	27.2	52	26	22	Ar.	17.12	6.82	0.22	0.24	1.53	2.50	8.81	11.31	78
		Bg1	20-55	4.48	0.06	2.0	-	72	21.5	40	38	22	Fr.Ar.	12.80	4.75	0.15	0.12	1.25	1.50	6.27	1.50	81
		Bg2	55-120	5.01	0.05	1.5	-	101	10.2	32	46	22	Fr.Ar.	12.80	5.53	0.18	0.20	1.63	0.50	7.54	0.50	94
		C	120-150	4.92	0.04	1.6	-	55	6.6	18	64	18	Fr. L	8.00	3.42	0.13	0.27	1.25	0.40	5.07	0.40	93

Fuente: Adaptado de la Zonificación Ecológica y Económica del Departamento de Madre de Dios. (Escobedo, Zonificación Ecológica y Económica del Departamento de Madre de Dios - Suelo y Capacidad de Uso Mayor de la Tierra, 2009)

5.2. METEOROLOGIA

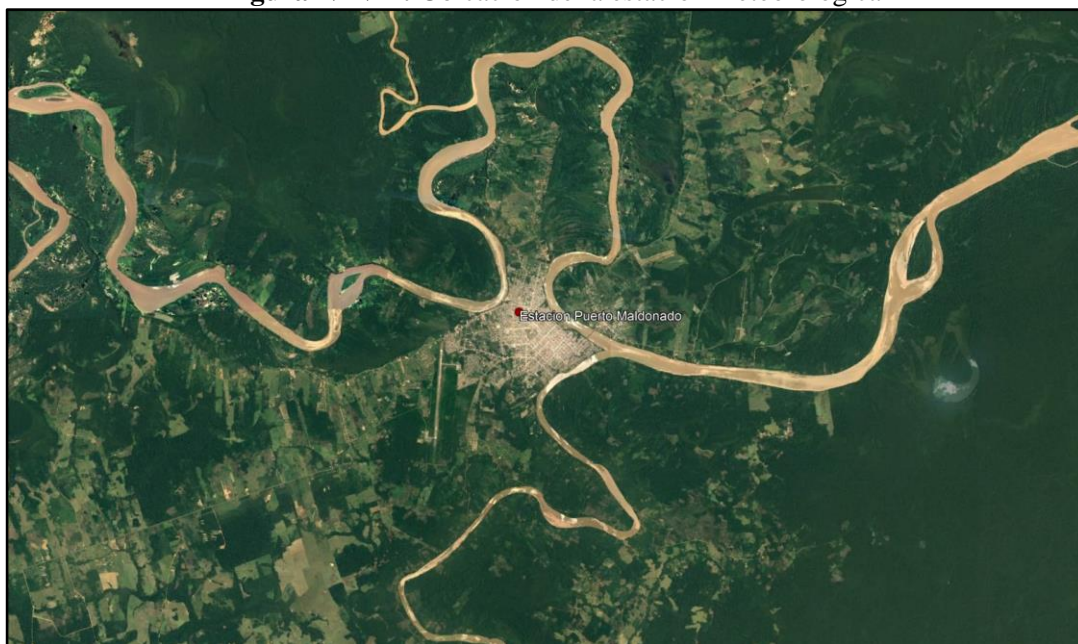
La caracterización climática del espacio de interés se realiza principalmente en base a datos registrados en las estaciones climatológicas. Para ello se hizo uso de la información brindada por la estación climática Puerto Maldonado que se encuentra en la ciudad del mismo nombre, el cual está alejado a unos 31.03 km. del área de estudio, teniendo en cuenta las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la cual considera que una estación meteorológica tiene como área de influencia un radio de 80 km, la cual presenta las características como son temperatura y precipitación similares al de área de estudio.

Tabla V-2: Datos de la estación meteorológica

Estación Meteorológica	Departamento	Provincia	Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m.)
Puerto Maldonado	Madre de Dios	Tambopata	12° 35' 1''	69° 12' 1''	200

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI. (SENAMHI, 2014)

Figura N° V-1: Ubicación de la estación meteorológica



Fuente: Google Earth.

5.2.1. Temperatura

La estación de Puerto Maldonado indica que la temperatura media mensual anual es de 27.03 °C (período comprendido entre 2014 y 2016). Durante el verano (diciembre a marzo) de los años evaluados, tiene una temperatura media mensual promedio de 27.27 °C, alcanzando una temperatura máxima de 28.17 °C el mes de enero del 2016. Durante el invierno (junio a septiembre) de los años evaluados, tiene una temperatura media mensual promedio de 26.83 °C, alcanzando una temperatura mínima de 23.52 °C el mes de julio del 2014. (SENAMHI, 2014)

La temperatura máxima media mensual anual es de 31.40 °C. Durante verano (diciembre a marzo) de los años evaluados, registra una temperatura máxima media mensual promedio de 31.59 °C, alcanzando una temperatura máxima en verano de 32.63 °C el mes de enero del 2016. (SENAMHI, 2014)

La temperatura mínima media mensual es de 21.90 °C. Durante invierno (junio a septiembre) de los años evaluados, se registra una temperatura mínima media mensual promedio de 20.45 °C, alcanzando una temperatura mínima en el invierno de 17.98 °C el mes de julio del 2014. (SENAMHI, 2014)

Tabla V-3: *Temperatura media, máxima y mínima mensual en grados centígrados (período 2014-2016) de la estación meteorológica Puerto Maldonado*

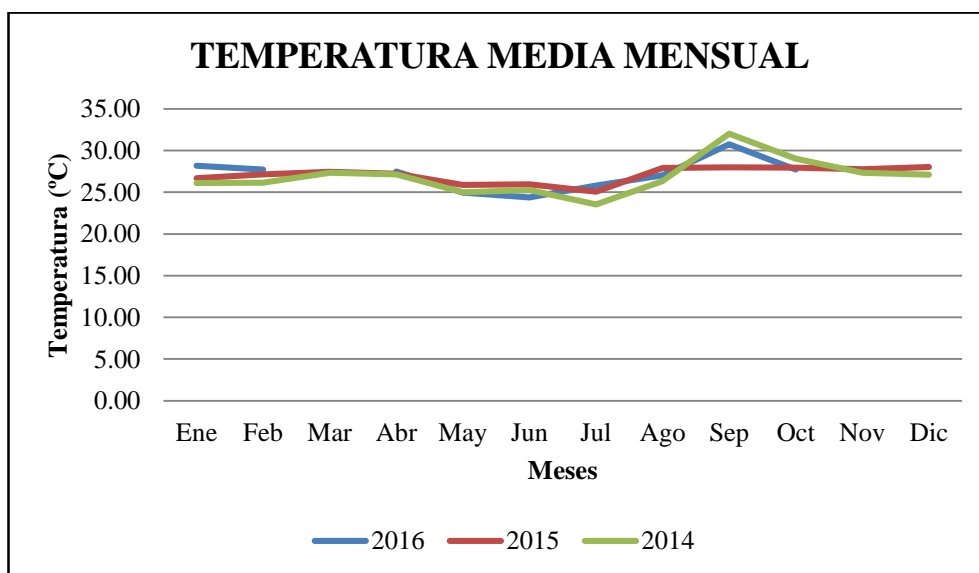
Temperatura Media Mensual (°C)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2016	28.17	27.72	-	27.48	24.94	24.38	25.79	27.04	30.74	27.72	-	27.55
2015	26.69	27.14	27.46	27.22	25.88	25.94	25.08	27.91	27.99	27.95	27.74	28.03
2014	26.11	26.15	27.33	27.14	25.01	25.26	23.52	26.33	32.00	29.00	27.34	27.09

Temperatura Máxima Mensual (°C)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2016	32.63	32.00	-	32.05	29.32	25.18	31.85	32.68	33.07	32.43	-	32.58
2015	30.63	31.24	31.96	31.79	29.37	30.60	29.58	32.62	33.69	33.12	32.29	32.52
2014	30.10	29.96	32.08	32.25	29.35	29.71	28.41	32.22	33.36	34.56	31.39	30.97

Temperatura Mínima Mensual (°C)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2016	23.68	23.81		22.61	20.40	18.46	19.08	20.71	20.60	22.79	-	22.65
2015	22.79	23.17	23.11	22.98	21.97	20.77	20.13	22.18	23.16	23.03	23.40	23.13
2014	22.27	22.43	22.56	22.40	21.11	20.45	17.98	19.40	22.53	23.55	23.17	23.03

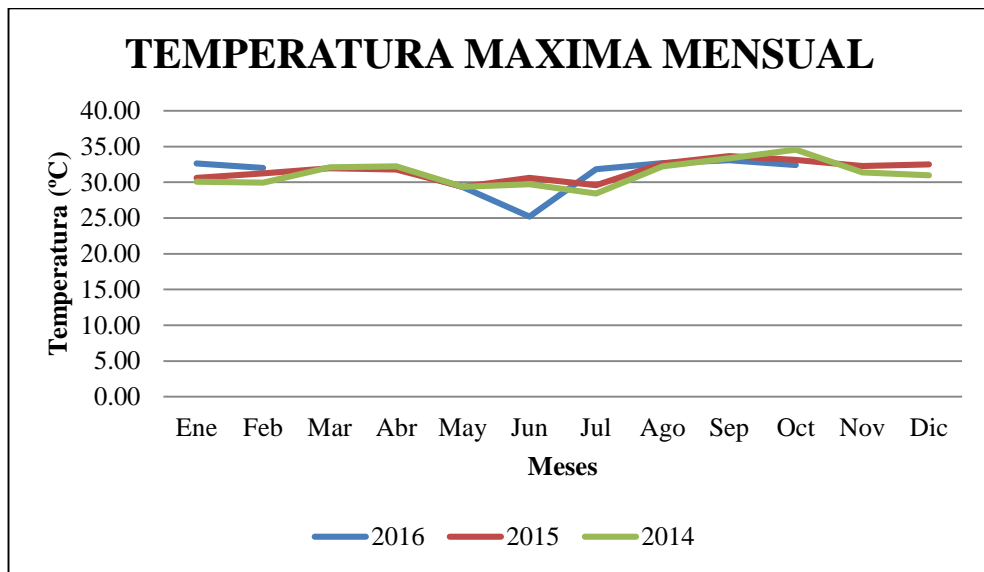
Fuente: Adaptación del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI – Estación Puerto Maldonado. (SENAMHI, 2014)

Gráfico V-1: Temperatura media mensual (2014 – 2016)



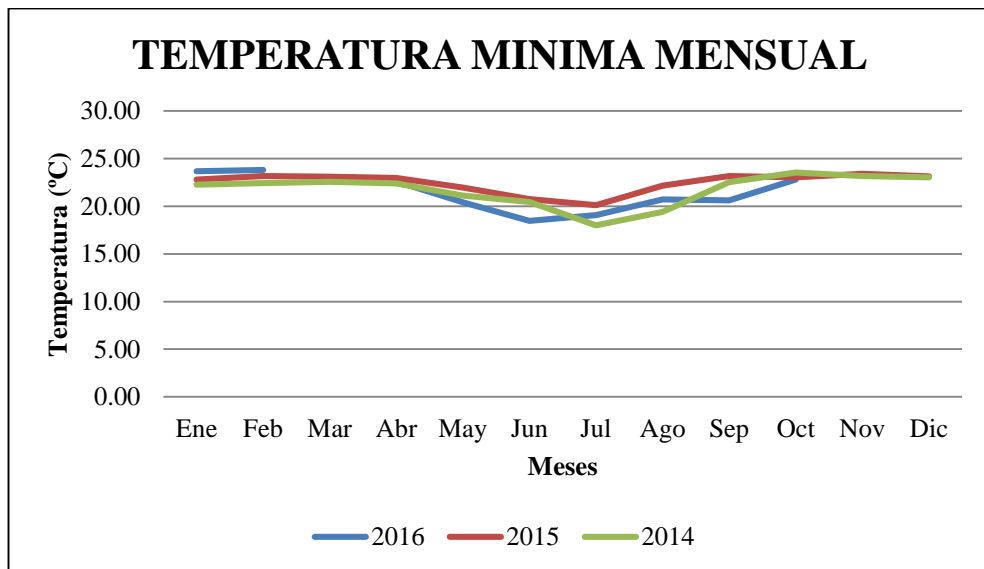
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico V-2: Temperatura máxima mensual (2014 – 2016)



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico V-3: Temperatura mínima mensual (2014 – 2016)



Fuente: Elaboración Propia.

5.2.2. Precipitación

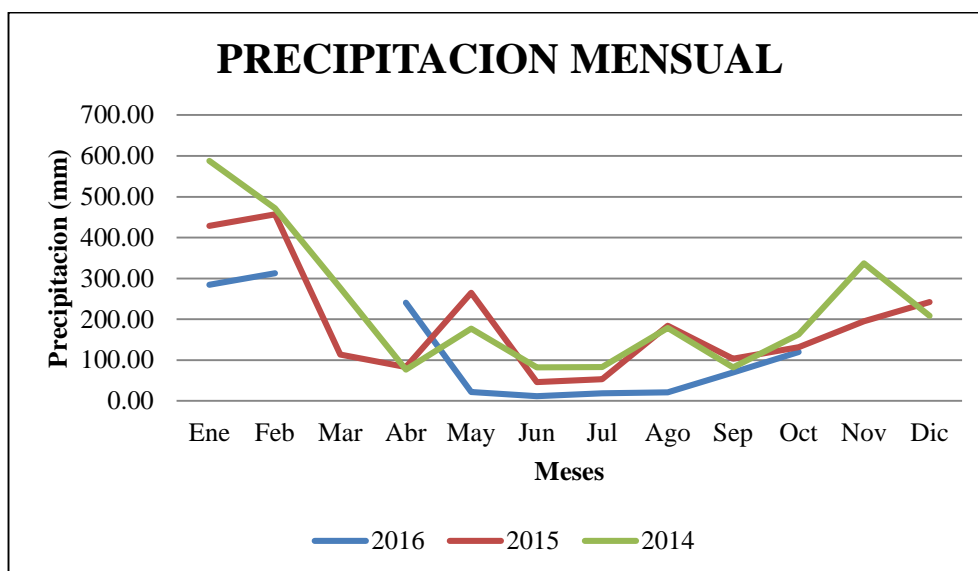
Se ha determinado una precipitación total media anual de 2127.50 mm (período comprendido entre 2014 y 2016), con un promedio total máximo anual de 2724.10 mm en el año 2014 y un mínimo de 1355.10 mm, en 2016, presentándose las mayores precipitaciones en los meses noviembre a febrero. (SENAMHI, 2014)

Tabla V-4: Precipitación total mensual en mm (periodo 2014-2016) de la estación meteorológica Puerto Maldonado

Precipitación Total Mensual (mm)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2016	284.30	312.40	-	240.90	22.00	11.60	18.90	20.90	69.40	119.90	-	254.80
2015	428.70	457.30	113.80	83.40	264.60	46.10	53.20	183.80	103.50	131.70	194.80	242.40
2014	587.80	472.00	276.30	76.60	176.80	82.00	83.00	178.50	82.40	163.30	337.30	208.10

Fuente: Adaptación del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI – Estación Puerto Maldonado. (SENAMHI, 2014)

Gráfico V-4: Precipitación Mensual en mm (2014 – 2016)



Fuente: Elaboración Propia.

5.3. CONCENTRACION DE MERCURIO

5.3.1. Puntos de Monitoreo

Los puntos de los que se obtuvieron las muestras de suelo para su análisis de mercurio en el laboratorio son:

- SJ-01-MI: Se encuentra próximo a una laguna, la cual anteriormente era una poza de socavación de material para la extracción del oro, el suelo se encuentra

saturado al agua circundante a la laguna. El suelo presenta una textura franco arenoso. Ver imagen V-1.

Imagen V-1: Muestreo en el punto de monitoreo SJ-01-MI



Fuente: Elaboración Propia

- SJ-02-MI: Se encuentra alejado de las actividades mineras, el suelo posee una textura franco arenoso y húmedo, como se puede visualizar en la imagen V-2.

Imagen V-2: Muestreo de Suelo en el punto SJ-02-MI



Fuente: Elaboración Propia

- SJ-03-MI: Ubicado a tres metros del talud del área de socavación o erosión del suelo para la extracción de material aluvial y la búsqueda de oro. El suelo tiene una textura franco arenoso y se encontraba húmeda. Ver imagen V-3.

Imagen V-3: *Muestreo de suelo en el punto SJ-03-MI*



Fuente: Elaboración Propia

- SJ-04-MI: Suelo de textura arcilloso y húmeda, se ubica al costado del drenaje del agua residual producto de la actividad minera proveniente de las tolvas de recolección como se visualiza en la imagen V-4.

Imagen V-4: *Muestreo de suelo en el punto SJ-04-MI, cerca al drenaje de agua residual*



Fuente: Elaboración Propia

- SJ-05-MI: El suelo de textura franco arenoso y húmedo, se encuentra cerca de una de las mangueras usadas para el transporte de agua que es usado para la erosión del suelo dentro del área de socavación como se ve en la imagen V-5.

Imagen V-5: *Muestreo de suelo en el punto SJ-05-MI*



Fuente: Elaboración Propia

- SJ-06-MI: El punto se ubica fuera del área de las actividades y junto al depósito de desmonte de piedras o materiales de gran tamaño, el suelo es de textura franco arenoso y se encuentra húmedo. Ver imagen V-6.

Imagen V-6: *Punto SJ-06-MI, junto a un depósito de desmonte*



Fuente: Elaboración Propia

- SJ-07-MI: Se encuentra alejado de las actividades mineras, el suelo posee una textura franco arenoso y se encontraba húmedo como se puede ver en la imagen V-7.

Imagen V-7: *Muestreo de suelo en el Punto SJ-07-MI*



Fuente: Elaboración Propia

- SJ-08-MI: El suelo se encontraba saturado debido a los trabajos que se realizan en otra de las pozas, además la textura del suelo es franco arenoso, el punto se encuentra en medio de uno de los drenajes de agua residual del área de estudio, como se puede ver en la imagen V-8.

Imagen V-8: *Muestreo de suelo en el punto SJ-08-MI*



Fuente: Elaboración Propia

5.3.2. Resultado de Laboratorio

La siguiente tabla muestra las concentraciones de mercurio encontrados en las muestras de suelo, donde se observa que las concentraciones más altas de mercurio tienen un valor de 0.059 mg/Kg de muestra seca y el valor más bajo se encuentra por debajo del límite de detección del método.

Tabla V-5: Concentración de mercurio de las muestras de suelo de la comunidad de San Jacinto – Madre de Dios

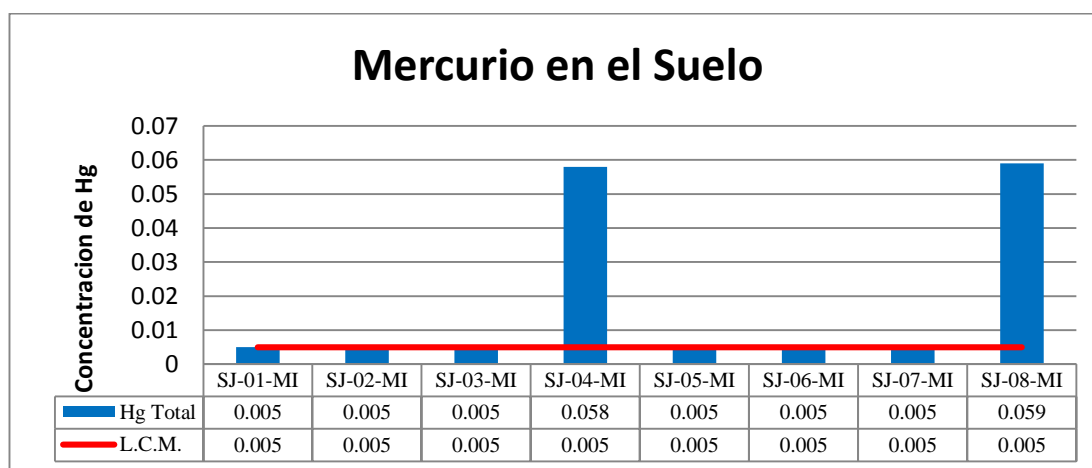
Punto de Muestreo	Fecha de Monitoreo	Hora de Monitoreo	Concentración de Mercurio (mg/kg)
SJ-01-MI	28/02/2016	10:23 a.m.	< 0.005
SJ-02-MI	28/02/2016	10:37 a.m.	< 0.005
SJ-03-MI	28/02/2016	10:56 a.m.	< 0.005
SJ-04-MI	28/02/2016	11:09 a.m.	0.058
SJ-05-MI	28/02/2016	11:22 a.m.	< 0.005
SJ-06-MI	28/02/2016	11:31 a.m.	< 0.005
SJ-07-MI	28/02/2016	11:45 a.m.	< 0.005
SJ-08-MI	28/02/2016	11:56 a.m.	0.059
ECA Suelo – Suelo Agrícola ^(a)			6.6

(a) Estándar Nacionales de Calidad de suelo de uso agrícola (Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM).

< “Valor”: Significa que los resultados se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método de laboratorio.

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico V-5: Concentración de mercurio de las muestras de suelo de la comunidad de San Jacinto – Madre de Dios



Fuente: Elaboración Propia

5.4. DEFORESTACION

5.4.1. Estratificación de los tipos de vegetación

De acuerdo con el mapa de vegetación de Madre de Dios la comunidad nativa de San Jacinto posee 7 diferentes estratos de tipos de vegetación, el cual se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla V-6: *Estratificación de los tipos de vegetación de la comunidad de San Jacinto – Madre de Dios*

COMUNIDAD NATIVA DE SAN JACINTO	
ESTRATIFICACIÓN POR TIPO DE VEGETACION	
Bsd-c	Bosques semicaducifolios densos en colinas
Bsd-p	Bosques semicaducifolios densos en planicies
Cpc	Complejos de chacras y purmas
Cpx-p	Comunidades mixtas de bambúes, o pacales mixtos, asociados con árboles dispersos en planicies
Cp-ar	Comunidades pantanosas arbóreas (renacales y palmerales)
Cpal-M	Comunidades pantanosas de palmeras <i>Mauritia flexuosa</i> o Aguajales
Cs-Ab	Comunidades sucesionales de orillas de aguas blancas

Fuente: Mapa de vegetación (Ministerio del Ambiente, 2018)

En el mapa N° 10 se puede visualizar que en el área de estudio se encuentran 2 estratos de tipos de vegetación los cuales son las comunidades sucesionales de orillas de aguas blancas y el complejo de chacras y purmas.

De acuerdo con la ONG Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF siglas en ingles), en su reporte titulado Estimación del Carbono en la Biomasa aérea de los Bosques de la región de Madre de Dios los estratos pertenecientes al área de estudio: comunidades sucesionales de orillas de aguas blancas y el complejo de chacras y purmas, cuenta con una reserva de carbono de 81.41 Tn/ha y 56.73 Tn/ha respectivamente (WWF Perú, 2014).

5.4.2. Deforestación de los bosques

De acuerdo con lo ya descrito, la deforestación es una actividad importante para las labores de minería en Madre de Dios, debido a que es necesario para los mineros ilegales despejar las áreas de interés para sus labores, así como también, tener vías de acceso para el ingreso a estas áreas.

El área de estudio, al igual que todas las áreas mineras en Madre de Dios, ha sufrido una evolución con respecto a su extensión. A fin de poder estimar su evolución anualmente se realizó un procesamiento de imágenes por medio del software ArcGIS a fin de determinar el índice de vegetación (NDVI) del área de estudio.

En el mapa N° 11 se puede visualizar la evolución de la minería y su impacto en la cobertura vegetal desde el año 2013 hasta el 2016 en el área de estudio.

De acuerdo con el mapa N° 11, las actividades mineras ya se encontraban operando desde antes del 2013 en el área de estudio, pero es en el año 2014 que llega a ser más impactada pues como se aprecia, la extensión del bosque deforestado y de las actividades mineras incrementan, llegando a aparecer lagunas o pozos dentro del área minera, esto debido a la socavación del suelo para la remoción de este y la extracción del oro. Para el 2015 hubo una merma actividades mineras reduciéndose su área de impacto, pero aun con la existencia de áreas deforestadas. Por último, en el 2016 las actividades mineras reducen drásticamente su actividad, ya sea este por la intervención del estado o la comunidad nativa o el desinterés de los mismos mineros al área.

Capítulo VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. CONTAMINACION POR MERCURIO

Los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio dieron como resultado que la concentración de mercurio presente en el suelo, en comparación con la categoría de suelos de cultivo o suelos para la agricultura de los Estándares de Calidad Ambiental, se encuentran muy por debajo del valor de referencia, llegando a encontrarse hasta 1320 veces menor que el valor establecido en la norma (ver tabla V-5).

Estos valores nos impiden hablar de contaminación del suelo por mercurio en el área de estudio a causa de la minería ilegal, debido a que solo existe vestigios de mercurio en el suelo analizado.

El estudio “Evaluación Ambiental Territorial Cuenca Madre de Dios” del año de 1997, elaborado por el Ministerio de Energía y Minas, realizó un diagnóstico ambiental de la cuenca Madre de Dios y una evaluación de la calidad de suelo y agua en la zona de la minería aurífera realizando diversos monitoreos, siendo el mercurio uno de esos parámetros medidos. (Ministerio de Energía y Minas - MINEM, 1997)

Los resultados del monitoreo en la concentración de mercurio en el suelo se presentan en la tabla VI-1.

Tabla VI-1: *Concentración de mercurio en el suelo - Evaluación Ambiental Territorial Cuenca Madre de Dios*

Código de Muestra	Descripción del Punto	Mercurio (mg/kg)
M-1	Borde de la Qda. Hueypetue	0.476
M-2	Boca del Rio Hueypetue	0.260
M-3	Lecho del Rio Hueypetue	0.194
M-4	Hueypetue	0.194
M-5	Boca del Rio Seca	0.044
M-6	Rio Inambari	0.00

Código de Muestra	Descripción del Punto	Mercurio (mg/kg)
M-7	Barrio Nuevo Capa "A"	0.348
M-8	Barrio Nuevo Capa "B"	0.697
M-9	Barrio Nuevo Capa "C"	0.614
M-10	Playa del Rio Laberinto	0.243
M-11	Borde del Rio Tambopata	0.238
M-12	Lecho del Rio Laberinto	0.249

Fuente: Adaptación de Evaluación Ambiental Territorial Cuenca Madre de Dios (MINEM, 1997).

Se aprecia que en los puntos de muestreo que se realizaron a lo largo de toda la cuenca sobre suelo de tipo de depósitos aluviales cercanos a cuerpos de agua, la concentración de mercurio era menor a 1.0 mg/kg, lo que significa que se encontraban por debajo del valor establecido por el Estándar de Calidad Ambiental.

En los "Informes de Monitoreo de agua superficial, sedientos y suelo realizados en el mes de diciembre del 2015 y abril del 2016, en la Comunidad nativa Tres Islas, ubicado en la cuenca del Rio Madre de Dios y sus afluentes, distritos de Tambopata y Laberinto, provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios", elaborados por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA, se obtuvieron muestras del suelo para determinar la calidad del suelo en el área de estudio.

La cantidad de muestras obtenidas durante el monitoreo que se llevó a cabo entre el 18 y 22 de diciembre del 2015 y del número de monitoreos que se llevó a cabo entre el 13 y 18 de abril del 2016, se presentan en las siguientes tablas.

Tabla VI-2: Resultados de laboratorio para calidad de suelos - Comunidad Nativa Tres Islas, diciembre del 2015

Código de Muestra	Descripción del Punto	Mercurio (mg/kg)
SU-01	Suelo a 115 metros del punto de monitoreo de agua AS-01 en dirección Noreste, a 30 cm de profundidad.	<0.03

Código de Muestra	Descripción del Punto	Mercurio (mg/kg)
SU-02	Suelo a 50 metros del punto de monitoreo de agua AS-02 en dirección Suroeste, a 30 cm de profundidad.	<0.03
SU-03	Suelo ubicado en el centro del poblado anexo de Tres Islas – Palmichal, a 20 cm de profundidad.	<0.03
SU-04	Suelo a 100 metros de la laguna S/N (ex zona de pesca de la Comunidad Nativa Tres Islas), a 20 cm de profundidad.	3.67
SU-05	Suelo a 40 metros de la casa y portón de ingreso al embarcadero de la Comunidad Nativa Tres Islas.	0.88
SU-06	Suelo a 50 metros del pozo de agua N° 02 de la Comunidad Nativa Tres Islas, a 25 cm de profundidad.	0.59
SU-07	Suelo a 20 metros del punto de monitoreo de agua AS-12 y 40 metros de la piscigranja central de la Comunidad Nativa Tres Islas, a 30 cm de profundidad.	0.39
SU-08	Suelo a 40 metros del punto de monitoreo de agua AS-12 y a la mitad de la pendiente, a 20 cm de profundidad.	0.39
SU-09	Suelo a 3 kilómetros de la Comunidad Nativa Tres Islas en la zona de cultivo de plátanos, a 30 cm de profundidad.	0.29
SU-10	Suelo a 40 metros del lugar de almacenamiento de agregados en la zona de cultivo de plátanos, a 30 cm de profundidad.	0.2

Fuente: Adaptación del Informe de monitoreo ambiental de calidad de agua, sedimentos y suelos realizado del 18 al 22 de diciembre de 2015, en la Comunidad Nativa Tres Islas, Ubicada en la cuenca del río Madre de Dios y sus afluentes, distrito de Tambopata y Laberinto, provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios. (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, 2016)

Tabla VI-3: Resultados de laboratorio para calidad de suelos - Comunidad Nativa Tres Islas, abril del 2016

Código de Muestra	Descripción del Punto	Mercurio (mg/kg)
SueTIsLas1	Suelo a 115 metros al noroeste del punto de monitoreo de agua QANeg1, a 30 cm de profundidad.	<0.03
SueTIsLas2	Suelo a 50 metros al suroeste del punto de monitoreo de agua QANeg2, a 30 cm de profundidad.	<0.03
SueTIsLas5	Suelo a 40 metros aguas arriba del muelle de la Comunidad Nativa Tres Islas.	<0.03
SueTIsLas3	Suelo ubicado en el centro poblado anexo de Tres Islas – Palmichal, a 20 metros al suroeste de la casa de la familia Diaz Salazar, a 20 cm de profundidad.	<0.03

Código de Muestra	Descripción del Punto	Mercurio (mg/kg)
SueTIslas6	Suelo a 15 metros al suroeste del punto de monitoreo de agua QANeg2, a 25 cm de profundidad.	<0.03
SueTIslas7	Suelo a 20 metros al este del punto de monitoreo de agua QANeg, a 30 cm de profundidad.	<0.03
SueTIslas8	Suelo a 40 metros al noroeste del punto de monitoreo de agua QANeg4 y a la mitad de la pendiente, a 20 cm de profundidad.	<0.03
SueTIslas9	Suelo a 3 kilómetros al noroeste de la Comunidad Nativa Tres Islas en la zona de cultivo de plátanos, a 30 cm de profundidad.	<0.03
SueTIslas10	Suelo a 1 kilómetro al noroeste de la Comunidad Nativa Tres Islas, a 40 metros del lugar de almacenamiento de agregados, en la zona de cultivo de plátanos, a 30 cm de profundidad.	<0.03

Fuente: Adaptación del Informe de monitoreo ambiental de calidad de agua, sedimentos y suelos realizado del 13 y 18 de abril de 2016, en la Comunidad Nativa Tres Islas, Ubicada en la cuenca del río Madre de Dios y sus afluentes, distrito de Tambopata y Laberinto, provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios. (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA, 2016)

Por último, el estudio “Determinación de la Presencia de Metales Pesados en Suelos Impactados por la Pequeña Minería Aluvial Aurífera en la Zona de Laberinto, Madre de Dios”, elaborado por Manuel Gabriel Velásquez Ramírez en el proyecto “Oro Responsable en Madre de Dios” en el 2015, se realizó una evaluación de calidad de los suelos en una concesión minera. (Ramírez M. , 2015)

Los muestreos se realizaron en 3 tipos diferentes de suelos: 1) los suelos impactados recientemente; 2) suelos impactados hace 6 años y 3) suelos sin impacto por la minería, donde los resultados del monitoreo se muestran en la siguiente tabla.

Tabla VI-4: *Concentración de mercurio en el suelo - Determinación de la Presencia de Metales Pesados en Suelos Impactados por la Pequeña Minería Aluvial Aurífera en la Zona de Laberinto, Madre de Dios*

Código de Muestra	Descripción del Punto	Mercurio (mg/kg)
1	Suelos impactados recientemente	0.10
2	Suelos impactados hace 6 años	0.10
3	Suelos sin impactar	0.10

Fuente: Adaptación de Determinación de la Presencia de Metales Pesados en Suelos Impactados por la Pequeña Minería Aluvial Aurífera en la Zona de Laberinto, Madre de Dios. (Ramírez M. , 2015)

De la misma manera que en el anterior, los valores de la concentración del mercurio en el suelo son menores que los establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental.

En los antecedentes descritos se puede visualizar de que la metodología aplicada durante el muestreo de suelo y para el análisis de laboratorio son similares a la utilizada en esta investigación. Por otro lado, los muestreos realizados en estas investigaciones se realizaron alejadas de las áreas impactadas por la minería, es decir, en el área de influencia indirecta como se puede visualizar en la descripción de estos puntos de monitoreo, mientras que de esta investigación se ha realizado en el área de influencia directa de las actividades mineras.

Los resultados de los cuatro (04) casos mencionados, las concentraciones de mercurio en el suelo no superan el valor establecido en el Estándar de Calidad Ambiental para Suelo la cual es de 6.6 mg/kg peso seco para suelos agrícolas y de áreas protegidas, situación que se repite en los resultados de laboratorio de las muestras de suelo obtenidas para esta investigación, por lo tanto, no se podría hablar de contaminación por mercurio en el suelo.

La baja concentración del mercurio y posiblemente de otros metales como lo indican las investigaciones, es probable que se den a dos factores importantes presentes en el

área de estudio que influyen en la movilidad del mercurio; el clima húmedo tropical en el cual se encuentra el área de estudio frecuentemente cuenta con precipitación de diversas intensidades lo que permite un constante lavado de los suelos permitiendo que los residuos de mercurio presentes en el suelo sean arrastrados a lagunas o ríos o en otros casos saturando el suelo lo que facilita la infiltración o lixiviación del mercurio hacia las aguas subterráneas; las temperaturas tropicales del área a de estudio a la que sometida el suelo posibilita la volatilización del mercurio a la atmosfera en forma de mercurio elemental reduciendo las concentraciones de mercurio en el suelo, por otro lado, la edafología del suelo la cual por sus características como la textura e intercambio catiónico, favorece la movilización del mercurio por medio de la infiltración o lixiviación hacia capas más profundas del suelo y consecuentemente a las aguas subterráneas.

Por lo tanto, el impacto de mayor significancia en el área de estudio no es la contaminación de los suelos por mercurio usado en las actividades mineras, es la pérdida de cobertura vegetal, que implica principalmente la erosión del suelo y la deforestación de zonas boscosas para convertirlas en zonas mineras.

Así mismo, al no hallar mercurio total en las muestras de suelo, es virtualmente imposible realizar una especiación química a fin de determinar la concentración de metilmercurio y otras especies del mercurio presentes en el suelo, por lo que no se puede estimar la cantidad de disponible para los seres vivos.

6.2. COBERTURA VEGETAL

En el 2013 la cobertura vegetal representaba el 77.746% del área total (Mapa N° 11), este llegó a ser el tope de extensión de la minería para ese año.

En el 2014 la minería siguió expandiéndose, siendo este año el que más se ha llegado a deforestar, puesto que el área de libre de cobertura vegetal represento el 33.625% del área total que se muestra en el mapa. Las áreas que redujeron la cobertura vegetal fueron: las zonas dedicadas a las actividades mineras, la presencia de zonas deforestadas cercanas a las áreas mineras representa la habilitación de espacios para el inicio de las actividades extractivas, los pozos de agua que se forman producto de las actividades y zonas que no cuentan con cobertura vegetal.

Para los años 2015 y 2016 en la superficie del área de estudio las actividades mineras decayeron por lo que la extensión de sus actividades se detuvo como se visualiza en la tablaVI-5, por lo que en su lugar las zonas deforestadas o zonas con flora herbácea destacan en estos años.

Tabla VI-5: Variación anual de la superficie del área de estudio en hectáreas.

Descripción	Año			
	2013	2014	2015	2016
Área Boscosa	126.22	107.76	116.35	117.08
Área deforestada	19.21	20.83	17.69	23.73
Área minera	16.54	25.13	22.33	10.21
Suelo desnudo	0.39	2.96	5.91	11.32
Cuerpos de agua	-	5.67	0.06	-

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede visualizar el área boscosa alrededor del área de estudio ha variado en los dos primeros años considerablemente, ya en el año 2015 y 2016 la extensión del área boscosa no presenta grandes cambios, posiblemente por un descenso de las actividades mineras en la intervención de la comunidad para que esto suceda.

En cuanto a la deforestación llevada a cabo por la minería ilegal en el área de estudio y sus alrededores, significó que para el 2013 se han ha liberado 2439.68 Tm de carbono

mientras que para el 2016 este número aumento a 3141.63 Tm de carbono, según el estudio efectuado por la ONG WWF.

Tabla VI-6: *Distribución del carbono (Tm) de acuerdo con las superficies del área de estudio.*

Descripción de la superficie	TIPO DE VEGETACION		Total (Tm)
	Cpc (56.73 Tm/Ha)	Cs - Ab (81.41 Tm/Ha)	
2013			
Área Boscosa	1505.91	8114.43	9620.33
Área deforestada	619.96	673.81	1293.77
Área minera	529.62	586.34	1115.96
Suelo desnudo	3.27	26.67	29.94
2014			
Área Boscosa	989.60	7352.38	8341.98
Área deforestada	655.40	755.48	1410.89
Área minera	755.70	961.29	1716.99
Suelo desnudo	55.37	161.35	216.72
2015			
Área Boscosa	1342.52	7545.32	8887.84
Área deforestada	479.26	752.72	1231.97
Área minera	697.95	816.62	1514.57
Suelo desnudo	139.05	281.52	420.56
2016			
Área Boscosa	1409.51	7508.93	8918.45
Área deforestada	684.11	950.14	1634.24
Área minera	321.21	370.33	691.54
Suelo desnudo	243.94	571.91	815.84

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla VI-6 se visualiza el carbono que aún se encuentra retenido en el área boscosa y el carbono que ha sido liberado en las otras áreas, se aprecia que el Complejo de chacras y purmas (Cpc) cuenta con una reserva de 56.73 Tm/Ha, mientras que las Comunidades sucesionales de orillas de aguas blancas (Cs-Ab) cuenta con la reserva de 81.51 Tm/Ha.

Capítulo VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

7.1.1. Conclusión General

El monitoreo de suelos efectuado mediante el análisis de las muestras en el laboratorio dio como resultado que en seis muestras que la presencia de mercurio en este es menor al límite de detección de método utilizado en laboratorio (< 0.005 mg/kg), por otro lado las dos muestras restantes mostraron un valor ligeramente mayor a los anteriores (0.058 mg/kg y 0.059mg/kg), todos estos valores no llegan alcanzar el Estándar de Calidad Ambiental de Suelos y la categoría en la que se encuentran las muestras (Categoría I: Suelos Agrícolas – valor máximo de mercurio presente en el suelo, 6.6 mg/kg). Debido a que la concentración del mercurio en el suelo no altera la composición química del mismo, por tal motivo no existe una contaminación del suelo por mercurio.

7.1.2. Conclusiones Específicas

- De acuerdo con el análisis de caracterización del suelo del área de estudio, este posibilita la infiltración o lixiviación del mercurio a las aguas subterráneas o a las capas de suelo inferiores por acción de las fuertes lluvias que ocurren con frecuencia en Madre de Dios, así mismo el clima tropical de Madre de Dios permite la volatilización el mercurio a la atmosfera.
- Los efectos directos por la inadecuada disposición del mercurio en el suelo dentro de la comunidad nativa de San Jacinto, no se muestran en el suelo, debido a la baja concentración del mercurio presente en este. Por otro lado, el mercurio que se moviliza en un medio acuoso debido al lavado del suelo por las precipitaciones y la infiltración del mercurio por la saturación de este,

permitiendo que estos fragmentos de mercurio puedan entrar en contacto con bacterias sulforeductoras, las cuales se encuentran presentes en los sedimentos de ríos, lagos y estuarios, dando como resultado la metalización del mercurio y la contaminación de los seres vivos por el metilmercurio.

7.2. RECOMENDACIONES

- Organizar a los mineros de la comunidad nativa de San Jacinto, como proyecto piloto, con el fin de brindarles las capacidades técnicas sobre el adecuado manejo del mercurio durante las operaciones en la extracción y la disposición de este elemento en el ambiente.
- Realizar esfuerzos en conjunto con el fin de poder permitir la revegetación de las áreas impactadas, ya que se debe tener en cuenta que estas se encuentran dentro de un bosque primario y tiene la posibilidad de poder emerger nuevamente y de forma natural como muestran algunos estudios. Se debe tener en cuenta la contaminación por metilmercurio o mercurio inorgánico al que las nuevas comunidades de flora están siendo expuestas.
- El conocimiento adquirido referente a la concentración de mercurio total en las muestras recolectadas de los fueros de unidad minera ya mencionada, puede servir de referencia a las unidades mineras existentes en Madre de Dios, debido a que los procedimientos de extracción, materiales, equipos de insumos usados son los mismos en la mayoría de las unidades mineras, además del tipo de minería de se desarrolla en toda la superficie de extracción de oro es del tipo aluvial, asimismo, el clima, topografía, el astrología de hidrología, al igual

que los aspectos biológicos, la flora y fauna, especialmente las especies lideró biológicas afectadas son las mismas

Desarrollar mayores trabajos de investigación sobre el comportamiento del mercurio, principalmente en el mercurio orgánico (metilmercurio) en el suelo y en los cuerpos de agua, pues el metilmercurio es una de las especies químicas más tóxicas del mercurio ya que sus características fisicoquímicas y la movilidad que presenta en el suelo y en el agua lo hacen uno de los elementos más peligrosos para el medio ambiente y para los humanos.

Capítulo VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8.1. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Asner, G., Llactayo, W., Tupayachi, R., & Ráez, E. (October de 2013). Elevated rates of gold mining in the Amazon revealed through high-resolution monitoring. *PNAS*, 110(46), 18454–18459.
- Autoridad Nacional del Agua , ANA. (2010). *Diagnostico Hidrológico de la Cuenca Madre de Dios*. Madre de Dios, Peru: "Autor".
- Azevedo, R., & Rodriguez, E. (2012). Phytotoxicity of Mercury in Plants: A Review. *Journal of Botany*, Vol. 2012, 6 pages.
- Boening, D. (2000). Ecological effects, transport, and fate of mercury: a general review. *Chemosphere Volume 40, Issue 12, 40(2000)*, 1335-1351.
- Cabañero, A. (2005). *Acumulación-interacción de especies de mercurio y selenio en tejidos animales: desarrollo de nuevas metodologías de análisis - Tesis Doctoral*. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.
- Centro Nacional de Salud Ocupacional y Protección del Ambiente para la Salud. (2010). *Niveles De Exposición a Mercurio en Población de Huepetuhe-Madre de Dios y Factores de Riesgo de Exposición 2010*. Madre de Dios - Perú: Ministerio de Salud.
- Choi, S., Chase, T., & Bartha, R. (1994). Metabolic Pathways Leading to Mercury Methylation in *Desulfovibrio desulfuricans* LS. *Applied and Environmental Microbiology*, 60(11), 4072-4077.
- Davee, J., Roulet, M., Lucotte, M., & Mergler, D. (2000). Mercury methylation along a lake–forest transect in the Tapajós river floodplain, Brazilian Amazon: seasonal and vertical variations. *Science of The Total Environment*, 261(2000), 91-98.
- Decreto Legislativo Nº 1105. (19 de Abril de 2012). "Establece Disposiciones para el Proceso de Formalización de las Actividades de Pequeña Minería y Minería Artesanal". *Diario Oficial El Peruano*, págs. 464377-464381.
- Dirección de Seguimiento de Políticas Sociales de la Dirección General de Seguimiento y Evaluación - MIDIS. (2014). *Reporte de Indicadores de Desarrollo e Inclusion Sociala del Centro Poblado de San Jacinto*. Lima: Autor.
- Domènech, X., & Peral, J. (2006). *Química ambiental de sistemas terrestres*. Madrid, España: Reverte.
- Eisler, R. (200). *Handbook of Chemical Risk Assessment. Health Hazards to Humans, Plants, and Animals*. Florida, U.S.A.: Lewis Publishers.
- Escobedo, R. (2009). *Zonificación Ecológica y Económica del Departamento de Madre de Dios - Fisiografía*. Madre de Dios, Peru: Gobierno Regional de Madre de Dios.

- Escobedo, R. (2009). *Zonificación Ecológica y Económica del Departamento de Madre de Dios - Suelo y Capacidad de Uso Mayor de la Tierra*. Madre de Dios, Perú: Gobierno Regional de Madre de Dios.
- Español, S. (2001). Toxicología del Mercurio. Actuaciones Preventivas en Sanidad Laboral y Ambiental. *Jornada Internacional sobre el Impacto Ambiental del Mercurio Utilizado por la Minería Aurífera Artesanal en Iberoamérica* (pág. 4). Lima, Perú: CYTEC.
- Fernandez, R., Sierra, M., Villadóniga, M., & Millán, R. (2010). *Análisis de Parámetros Edáficos en Almadenejos. Comportamiento del mercurio en el Sistema Suelo-Planta*. Madrid - España: Editorial CIEMAT.
- Finer, M., & Novoa, S. (2015). *Imagen #1: La Deforestación por la Minería Aurífera Continúa su Expansión en La Pampa (Madre de Dios, Perú)*. Madre de Dios - Perú: MAAP - Monitoring of the Andean Amazon Project.
- Finer, M., & Olexy, T. (2015). *MAAP #17. Nacimiento de una Nueva Zona de Minería Aurífera Ilegal en la Amazonia Peruana [Vista de Alta Resolución]*. Madre de Dios - Perú: MAAP - Monitoring of the Andean Amazon Project.
- Finer, M., & Olexy, T. (2015). *Vista de Alta Resolución de la Minería Aurífera Ilegal en la Amazonia Peruana*. Madre de Dios - Perú: MAAP - Monitoring of the Andean Amazon Project.
- Galmarley Limited. (Marzo de 2005). *BullionVault*. Recuperado el 29 de Marzo de 2017, de BullionVault: <https://oro.bullionvault.es/>
- Galvão, L., & Corey, G. (1987). *Mercurio, Serie Vigilancia 7*. Metepec, Mexico: Organización Mundial de la Salud.
- Gaona, X. (2004). *El mercurio como contaminante global. Desarrollo de metodologías para su determinación en suelos contaminados y estrategias para la reducción de su liberación al medio ambiente - Tesis Doctoral*. Barcelona, España: Universidad Autonoma de Barcelona.
- García, A., Murciego, A., Álvarez, E., Santa, I., & Rodríguez, M. (2009). Mercury in soils and plants in an abandoned cinnabar mining area (SW Spain). *Journal of Hazardous Materials*, 1319–1324.
- Global Initiative against Transnational Organized Crime. (9 de Abril de 2016). *Organized Crime and Illegally Mined Gold in Latin America*. Obtenido de Global Initiative: <http://globalinitiative.net/organized-crime-and-illegally-mined-gold-in-latin-america/>
- Hernández, G., Garcíá, R., Solís, S., Martínez, S., Mercado, I., Ramírez, M., . . . Solorio, G. (2012). Presencia del Hg total en una relacion Suelo-Planta-Atmosfera al Sur de la

Sierra Gorda de Querétaro, México. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 15(1), pp. 5-15.

Instituto de la Amazonía Peruana; Ministerio del Ambiente. (2011). *MINERÍA AURÍFERA EN MADRE DE DIOS Y CONTAMINACIÓN CON MERCURIO, una bomba de tiempo*. Lima - Perú: Editorial Súper Gráfica E.I.R.L.

Instituto Geologico, Minero y Metalurgico - INGEMMET. (2016). *Instituto Geologico, Minero y Metalurgico*. Obtenido de Catastro Minero Google Earth: www.ingemmet.gob.pe/catastro-minero-google-earth

Instituto Nacional de Recursos Naturales - INRENA. (1995). *Mapa Ecológico del Perú - Guía Explicativa*. Lima, Perú: Ministerio de Agricultura.

International Programme on Chemical Safety - IPCS. (1989). *Environmental Health Criteria 86: Mercury - Environmental Aspects*. Ginebra, Suiza: World Health Organization. Obtenido de International Programme on Chemical Safety - IPCS.

International Programme on Chemical Safety - IPCS. (1990). *Environmental Health Criteria 101, METHYLMERCURY*. Ginebra, Suiza: World Health Organization.

Jara, C. (2007). *Elementos base para la Gestión Ambiental del Mercurio en Chile*. Santiago de Chile, Chile: Tesis de Pregrado - Universidad de Chile.

Lindberg, S., Bullock, R., Ebinghaus, R., Engstrom, D., Feng, D., Fitzgerald, W., . . . Seigneur, C. (2007). A Synthesis of Progress and Uncertainties in Attributing the Sources of Mercury in Deposition. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 19-33.

López, E. (2005). *Bioacumulación y Biomagnificación de Mercurio en Diferentes Poblaciones de Peces de la Amazonia Boliviana. (Tesis de Maestría)*. La Paz - Bolivia: Univesidad Mayor de San Andrés.

Loredo, J., Ordóñez, A., Fernández, R., & Rucandio, M. (15 de Junio de 2005). Biodisponibilidad de Mercurio en Suelos Contaminados por Explotaciones Mineras. *Science of The Total Environment*, 346(Issues 1-3), pp. 200-212.

Martínez, R. (2015). *Fraccionamiento de Suelos Contaminados con Mercurio en el Sur de la Sierra Gorda de Querétaro, México - Tesis de Maestría*. Mexico D.F., Mexico: Univesidad Nacional Autonoma de Mexico.

Martínez, S. (2013). *Comportamiento del Mercurio Total en los Sistemas Terrestres del Distrito Minero de San Joaquín, Qro. Aplicación de Modelos Geoestadísticos y de Regresión con Árboles de Decisión. (Tesis de Doctorado)*. Ciudad de Mexico, Mexico: Universidad Nacional Autonoma de Mexico.

Marvin-Dispaquale, M., & Oremland, R. (1998). Bacterial Methylmercury Degradation in Florida Everglades Peat Sediment. *Environmental, Science & Technology*, 32(17),

2556-2563. Obtenido de
<http://lib3.dss.go.th/fulltext/Journal/Environ%20Sci.%20Technology1998-2001/1998/no.17/17,1998%20vol.32,no.17,p2556-2563.pdf>

- MINAM (Dirección). (2011). *Reportaje de la Minería Ilegal en Madre de Dios - A - MINAM* [Película]. Madre de Dios: Youtube.
- Ministerio de Cultura. (2017). *Ministerio de Cultura*. Obtenido de Base de Datos de Pueblos Indígenas u Originarios: www.bdpi.cultura.gob.pe/busqueda-de-comunidades-nativas?title=&field_ubicacion_tid=All&title_1=&page61&order=title_1&sort=asc
- Ministerio de Energía y Minas - MINEM. (1997). *Evaluación Ambiental Territorial Cuenca Madre de Dios*. Lima, Perú: Autor.
- Ministerio de Energía y Minas. (2009). *MINERIA AURIFERA EN EL DEPARTAMENTO DE MADRE DE DIOS*. Lima - Perú: Ministerio de Energía y Minas.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones - MTC. (2016). *Decreto Supremo Nº 011-2016-MTC, Anexo: Actualización del Clasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras - SINAC*. Lima, Peru: El Peruano.
- Ministerio del Ambiente - MINAM. (2015). *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal - Memoria Descriptiva*. Lima, Perú.
- Ministerio del Ambiente. (06 de 2018). *Geoservidor MINAM*. Obtenido de Zonificación Ecológica y Económica – ZEE Madre de Dios: <http://geoservidor.minam.gob.pe/zee-aprobadas/madre-de-dios/>
- Molina, C., Gibon, F., Sánchez, Y., Achá, D., Benefice, E., & Guimaraes, J. (2010). Implicancia Ambiental del Mercurio en Ecosistemas Acuáticos de la Amazonía: Situación en Bolivia. *Revista Virtual REDESMA*, 4(2), 26-41.
- Molina, J., Oyarzun, R., Esbrí, J., & Higuera, P. (2006). Mercury accumulation in soils and plants in the Almadén mining district, Spain: one of the most contaminated sites on Earth. *Environ Geochem Health*, 487-498.
- Monteagudo, F. (2002). *Evaluación de la Contaminación por Mercurio en Población de Mineros Artesanales de Oro de la Comunidad de Santa Filomena - Ayacucho - Peru. Durante el Periodo Agosto 2000 - Setiembre 2001 - Tesis de Grado*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Municipalidad de Tambopata. (2014). *Plan de Desarrollo Urbano Puerto Maldonado - 2024*. Puerto Maldonado, Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Novoa, S., Finer, M., & Román, F. (2016). *MAAP #44: Regeneración de Vegetación en Zona Afectada por Minería en la Reserva Comunal Amarakaeri*. Madre de Dios - Perú: MAAP - Monitoring of the Andean Amazon Project.

- O'Neil, M. (2013). *The Merck Index - 15a ed.* New Jersey, USA: Royal Society of Chemistry.
- Oremland, R., Culbertson, C., & Winfrey, M. (January de 1991). Methylmercury Decomposition in Sediments and Bacterial Cultures: Involvement of Methanogens and Sulfate Reducers in Oxidative Demethylation. *Applied and Environmental Microbiology*, 57(1), 130-137.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA. (2016). *Informe N° 092-2016-OEFA/DE-SDCA*. Lima, Peru: Autor.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA. (2016). *Informe N° 077-2016-OEFA/DE-SDCA*. Lima, Peru: Autor.
- Pachas, V. (2013). *“CONFLICTOS SOCIALES EN MADRE DE DIOS: En caso de la Minería en Pequeña Escala de Oro y la Ilegalidad”*. Lima - Perú: Tarea Asociación Gráfica Educativa.
- Pacyna, J., & Pacyna, E. (2005). Anthropogenic sources and global inventory of mercury emissions. En S. C. Mineralogical Association of Canada, *Mercury: Sources, Measurements, Cycles, and Effects*. (págs. 43-56). Nova Scotia - Canada: Michael B. Parsons & Jeanne B. Percival.
- Palacios, O., Molina, O., Galloso, A., & Reyna, C. (1996). *Boletín N° 81: Geología de los Cuadrangulos de Puerto Luz, Colorado, Laberinto, Puerto Maldonado, Quincemil, Masuco, Astillero y Tambopata*. Lima, Peru: Instituto Geologico Minero y Metalurgico - INGEMMET.
- Pirrone, N., Feng, X., Cinnirella, S., Finkelman, R., Friedli, H., Leaner, J., . . . Telmer, K. (2010). Global Mercury Emissions to the Atmosphere from the Anthropogenic and Natural Sources. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10:59514-5964.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA. (2002). *Evaluación mundial sobre el mercurio*. Ginebra, Suiza.
- Ramírez, A. (2008). Intoxicación ocupacional por mercurio. *Anales de la Facultad de Medicina*, 69(1), 46-51.
- Ramírez, M. (2015). Determinación de la Presencia de Metales Pesados en Suelos Impactados por la Pequeña Minería Aluvial Aurífera en la Zona de Laberinto, Madre de Dios. *GOMIAM - PERU*, 9-11.
- Rodríguez, E. (2006). La Minería de Mercurio en México. *Boletín de Mineralogía*, 29-36.
- Schroeder, W., & Munthe, J. (1998). Atmospheric mercury—An overview. *Atmospheric Environment*, 809-822.

- SENAMHI, S. N. (2014). *Servicion Nacional de Meteorologia e Hidrologia* . Obtenido de Mapa de Caracterizacion Climatica del Peru: www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru
- Servicio Nacional de Areas Naturales Protegidas - SERNANP. (2017). *Servicio Nacional de Areas Naturales Protegidas* . Obtenido de Mapa de Areas Naturales Protegidas: www.geo.sernanp.gob.pe/geoserver/principal.php
- Servicio Nacional de Metereologia e Hidrologia - SENAMHI. (2017). *Servicio Nacional de Metereologia e Hidrologia* . Obtenido de Datos Historicos: www.senamhi.gob.pe/?p=data-historica
- SPDA, S. P. (2014). *La Realidad de la Minería Illegal en Países Amazónicos*. Lima - Perú: NEGRAPATA S.A.C.
- Torres, R., & Gutierrez, F. (2001). La metilacion en sedimentos anaerobios, su importancia en el ciclo del mercurio y la salud humana. *ContactoS*, 40, 21-32. Obtenido de <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n40ne/metil.pdf>
- U.S. Environmental Protection Agency, E. (1997). *Mercury Study Report to Congress, Volume V: Health Effects of Mercury and Mercury Compounds*. Estados Unidos: U.S. Environmental Protection Agency, EPA.
- VERITÉ. (July de 2016). *The Nexus of Illegal Gold Mining and Human Trafficking in Global Supply Chains, Lessons fron Latin America*. Obtenido de VERITÉ. Fair Labor. Worldwide: <https://www.verite.org/the-nexus-of-illegal-gold-mining-and-human-trafficking-report/>
- Weinberg, J. (2007). *International POP's Elimination Network (IPEN)*. Obtenido de Introducción a la Contaminación por Mercurio para las ONG: http://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen_mercury_booklet-es.pdf
- WWF Perú. (2014). *Estimación del carbono en la biomasa aérea de los bosques de la región de Madre de Dios*. WWF Perú.
- Yarto, M., Gavilán, A., & Castro, J. (2004). La contaminación por mercurio en México. *Gaceta Ecológica*, 72:21-34.

ANEXOS

ANEXO N°1.- REGISTRO FOTOGRÁFICO

VÍAS DE ACCESO Y ENTRADA DE INGRESO			
UBICACIÓN:	Vías de acceso a la unidad minera – San Jacinto	Nº DE LA FOTO	01 - 02
FECHA	28/28/2016	HORA:	09:30 a.m.
 			
DESCRIPCION:			
<p>Fotografía superior: Ruta MD-542, los cuales forma parte de la red vial vecinal de distrito de Tambopata; se observa que esta es una trocha carrozable.</p> <p>Fotografía superior: Ingreso a la unidad Minera ilegal dentro de la Comunidad Nativa San Jacinto.</p> <p>Fuente: Propia</p>			

EXTRACCION DE MATERIAL ALUVIAL			
UBICACIÓN:	Unidad Minera en San Jacinto	Nº DE LA FOTO	03 - 04
FECHA	28/28/2016	HORA:	09:50 a.m.
			
DESCRIPCION:			
<p>Fotografía superior: Se visualiza el uso de mangueras para una conducción del agua desde las lagunas o cochas hacia las depresiones con el fin de socavar el suelo.</p> <p>Fotografía inferior: Dentro de la depresión se ubica una balsa la cual soporta una motobomba de succión la cual desplaza en material aluvial por medio de una tubería.</p> <p>Fuente: Propia</p>			

EXTRACCION DE MATERIAL ALUVIAL

UBICACIÓN:	Unidad Minera en San Jacinto	Nº DE LA FOTO	05 - 06
FECHA	28/28/2016	HORA:	10:00 a.m.



DESCRIPCION:



Fotografía superior: Varias secciones de geotextil recubre la tolva por donde discurre la mezcla de material aluvial y agua.

Fotografía inferior: Se visualiza una tolva por donde discurre el material extraído de la depresión por medio de una tubería, la cual lleva en el extremo una malla.

Fuente: Propia

EFFECTO SOBRE MEDIO AMBIENTE			
UBICACIÓN:	Unidad Minera en San Jacinto	Nº DE LA FOTO	07 - 08
FECHA	28/28/2016	HORA:	11:26 a.m.
			
DESCRIPCION:			
<p>Fotografía superior: Se distingue que el área de la unidad minera se encuentra completamente deforestada y erosionada por la propia actividad.</p> <p>Fotografía inferior: La flora local se le ha afectado por la descarga de fango, deshecho de la actividad, se puede visualizar como ésta queda enterrada.</p> <p>Fuente: Propia</p>			

CONDICIONES LABORALES			
UBICACIÓN:	Unidad Minera en San Jacinto	N° DE LA FOTO	09
FECHA	28/28/2016	HORA:	11:49 a.m.
			
DESCRIPCION:			
<p>Fotografía superior: Dentro de la depresión se puede observar a dos personas no cuenta con equipos de protección personal, pero laboran en esas condiciones. Su función es la de desplazar la tubería de la motobomba en diferentes lugares de la depresión</p> <p>Fuente: Propia</p>			

PROCEDIMIENTO DE EXTRACCION DE MINERAL			
UBICACIÓN:	Unidad Minera en San Jacinto	Nº DE LA FOTO	10 - 11
FECHA	28/28/2016	HORA:	11:57 a.m.
			
			
DESCRIPCION:			
<p>Fotografía superior: Antigua área de tamizado y cernido donde se separaba los sedimentos de mayor diámetro como las gravas o cantos rodados.</p> <p>Fotografía inferior: En la parte izquierda se aprecia la formación de una laguna, en esta depresión se socavaba el suelo para obtener el material aluvial.</p> <p>Fuente: Propia</p>			