



PERÚ

**Ministerio
de Agricultura**

**Autoridad
Nacional del Agua**

**Administración Local de Agua
Maldonado**

Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos
Área de Aguas Superficiales



**ESTUDIO
DIAGNÓSTICO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA
MADRE DE DIOS**



Lima, Agosto 2010



Ministerio de Agricultura
Autoridad Nacional del Agua
Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos
Administración Local de Agua Maldonado

PERSONAL DIRECTIVO

Dr. Javier Carrasco Aguilar	<i>Jefe de la Autoridad Nacional del Agua</i>
Ing. Oscar Avalos Sanguinetti	<i>Director de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos</i>
Ing. Emilse Benavides Casanova	<i>Coordinador del Área de Aguas Superficiales</i>
Ing. Jorge Cardozo Soárez	<i>Administrador Local de Agua Maldonado</i>

EQUIPO EJECUTOR

Ing. Aldo Iván Cárdenas Panduro	<i>Responsable del Estudio</i>
Br. Ing. Forestal Rosa Quispe Vicente	<i>Sistema de Información Geográfica (SIG)</i>
Jimmy Vásquez Cairo	<i>Técnico de Campo</i>
Roberto Llallero Huesambe	<i>Técnico de Campo</i>
Yerko Ríos Mardini	<i>Técnico de Campo</i>
Ciro Medina Moreno	<i>Técnico de Campo</i>

EQUIPO ASESOR Y SUPERVISOR

Ing. Máximo Vásquez Calderón	<i>Hidrología</i>
Ing. Gastón Pantoja Tapia	<i>Hidrología</i>
Ing. Eduardo Choquepuma Llave	<i>Sistema de Información Geográfica (SIG)</i>



ALA Maldonado
Madre de Dios – Perú
Agosto 2010



DIAGNÓSTICO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA MADRE DE DIOS

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO

I.	ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1.	INTRODUCCION.....	1
1.2.	OBJETIVOS	
1.2.1.	Generales.....	1
1.2.2.	Específicos.....	1
1.3.	JUSTIFICACION.....	2
1.4.	METODOLOGIA DE TRABAJO.....	2
1.4.1.	Actividades Preliminares.....	2
1.4.2.	Trabajo de Campo.....	2
1.4.3.	Trabajos de Gabinete.....	3
1.5.	INFORMACION BASICA.....	3
1.5.1.	Estudios de antecedentes sobre Recursos Hídricos.....	3
1.5.2.	Información Hidrometeorológica.....	3
1.5.3.	Información Cartográfica.....	4
II.	DESCRIPCION GENERAL Y DIAGNOSTICO DE LA CUENCA MADRE DE DIOS.....	6
2.1.	DIAGNOSTICO DEL RECURSO HIDRICO DE LA CUENCA DE MADRE DE DIOS.....	6
2.2.	UBICACIÓN Y DEMARCACION DE LA CUENCA MADRE DE DIOS.....	6
2.2.1.	Ubicación Geográfica.....	7
2.2.2.	Demarcación Hidrográfica.....	8
2.2.3.	Demarcación Política.....	9
2.2.4.	Demarcación Administrativa.....	10
2.3.	ACCESIBILIDAD-VIAS DE COMUNICACIÓN.....	10
2.4.	ASPECTOS SOCIO-ECONOMICOS.....	11
2.4.1.	Población y Densidad Regional.....	11
2.4.2.	Aspectos Demográficos de la Cuenca.....	12
2.4.3.	Aspectos Sociales.....	13
2.4.4.	Agricultura.....	13
2.4.5.	Minería.....	15
2.4.6.	Energía.....	17
2.4.7.	Agua Potable/Servicio de Alcantarillado.....	18
2.5.	ECOLOGIA.....	19
2.6.	COBERTURA VEGETAL.....	28
2.7.	SUELOS.....	30
2.7.1.	Capacidad Uso Mayor de Suelos.....	30
2.7.2.	Grandes Grupos de Suelos.....	32

2.8. GEOLOGIA.....	43
2.9. RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES.....	44
2.9.1. Ríos.....	45
2.9.2. Quebradas.....	45
2.9.3. Lagunas.....	46
2.10. GEOMORFOLOGIA.....	47
2.10.1. Parámetros Geomorfológicos.....	47
2.10.2. Parámetros de Forma.....	48
2.10.3. Parámetros de Relieve.....	51
2.10.4. Parámetros de Drenaje.....	59
2.11. DELIMITACION HIDROGRAFICA-METODO PFASTETTER.....	64
2.12. HIDROGRAFIA DE LA CUENCA DE MADRE DE DIOS.....	65
2.12.1. Descripción General de la Cuenca.....	65
2.12.2. Unidades Hidrográficas Principales.....	66
2.13. UNIDAD HIDROGRAFICA RIO ACRE.....	68
2.13.1. Diagnóstico del Recurso Hídrico Superficial.....	68
2.13.2. Ubicación Geográfica.....	68
2.13.3. Demarcación Hidrográfica.....	68
2.13.4. Demarcación Política.....	68
2.13.5. Ecología.....	68
2.13.6. Características Fisiográficas.....	68
2.13.7. Recursos Hídricos Superficiales (principales afluentes, quebradas, manantiales, lagunas).....	68
2.14. UNIDAD HIDROGRAFICA RIO TAHUAMANU.....	69
2.14.1. Diagnóstico del Recurso Hídrico Superficial.....	69
2.14.2. Ubicación Geográfica.....	70
2.14.3. Demarcación Hidrográfica.....	70
2.14.4. Demarcación Política.....	70
2.14.5. Ecología.....	70
2.14.6. Características Fisiográficas.....	70
2.14.7. Recursos Hídricos Superficiales (principales afluentes, quebradas, manantiales, lagunas).....	70
2.15. UNIDAD HIDROGRAFICA RIO LAS PIEDRAS.....	72
2.15.1. Diagnóstico del Recurso Hídrico Superficial.....	72
2.15.2. Ubicación Geográfica.....	72
2.15.3. Demarcación Hidrográfica.....	72
2.15.4. Demarcación Política.....	73
2.15.5. Ecología.....	73
2.15.6. Características Fisiográficas.....	73

2.15.7. Recursos Hídricos Superficiales (principales afluentes, quebradas, manantiales, lagunas).....	73
2.16. HIDROGRAFÍA INTERCUENCA ALTO, MEDIO ALTO Y MEDIO MADRE DE DIOS	
2.16.1. Diagnóstico del Recurso Hídrico Superficial.....	74
2.16.2. Ubicación Geográfica.....	74
2.16.3. Demarcación Hidrográfica.....	75
2.16.4. Demarcación Política.....	75
2.16.5. Ecología.....	75
2.16.6. Características Fisiográficas.....	75
2.16.7. Recursos Hídricos Superficiales (principales afluentes, quebradas, manantiales, lagunas).....	75
2.17. HIDROGRAFÍA INTERCUENCA MEDIO BAJO MADRE DE DIOS.....	77
2.17.1. Diagnóstico del Recurso Hídrico Superficial.....	77
2.17.2. Ubicación Geográfica.....	78
2.17.3. Demarcación Hidrográfica.....	78
2.17.4. Demarcación Política.....	78
2.17.5. Ecología.....	78
2.17.6. Características Fisiográficas.....	78
2.17.7. Recursos Hídricos Superficiales (principales afluentes, quebradas, manantiales, lagunas).....	78
2.18. UNIDAD HIDROGRAFICA RIO INAMBARI.....	79
2.18.1. Diagnóstico del Recurso Hídrico Superficial.....	79
2.18.2. Ubicación Geográfica.....	80
2.18.3. Demarcación Hidrográfica.....	80
2.18.4. Demarcación Política.....	80
2.18.5. Ecología.....	80
2.18.6. Características Fisiográficas.....	80
2.18.7. Recursos Hídricos Superficiales (principales afluentes, quebradas, manantiales, lagunas).....	80
2.19. UNIDAD HIDROGRAFICA RIO TAMBOPATA.....	81
2.19.1. Diagnóstico del Recurso Hídrico Superficial.....	81
2.19.2. Ubicación Geográfica.....	82
2.19.3. Demarcación Hidrográfica.....	82
2.19.4. Demarcación Política.....	82
2.19.5. Ecología.....	82
2.19.6. Características Fisiográficas.....	82
2.19.7. Recursos Hídricos Superficiales (principales afluentes, quebradas, manantiales, lagunas).....	82
III. CLIMATOLOGIA.....	84
3.1. CLASIFICACION CLIMATICA.....	86

3.2. VARIABLES CLIMATICAS.....	95
3.2.1. Temperatura.....	95
3.2.2. Humedad Relativa.....	97
3.2.3. Velocidad del Viento.....	98
3.2.4. Horas de Sol.....	99
3.2.5. Evapotranspiración Potencial.....	100
3.2.6. Variación estacional de la temperatura y viento.....	101
IV. ANALISIS Y TRATAMIENTO DE LA PLUVIOMETRIA.....	103
4.1. ANALISIS DE CONSISTENCIA.....	106
4.1.1. Análisis Gráfico.....	106
4.1.2. Análisis de Doble masa.....	106
4.1.3. Análisis de Estadístico.....	111
4.1.4. Análisis de Tendencias.....	112
4.2. COMPLETACION Y EXTENSION DE INFORMACION.....	112
4.3. VARIACION ESTACIONAL DE LA PRECIPITACION.....	118
4.4. GRADIENTE DE PRECIPITACION - ALTITUD.....	120
V. GESTION DEL AGUA.....	122
5.1. DISPONIBILIDAD DEL AGUA.....	125
5.2. INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA.....	131
5.3. ESTADO ACTUAL DEL USO DEL AGUA POR DIVERSAS FUENTES.....	132
VI. USOS Y DEMANDA DE AGUA.....	133
6.1. ASPECTOS GENERALES.....	133
6.2. DEMANDA HÍDRICA PARA USO AGRARIO.....	134
6.3. DEMANDA HÍDRICA PARA USO NO AGRARIO.....	137
6.4. OTROS CONSUMOS DE AGUA.....	138
VII. BALANCE HIDRICO.....	138
7.1. METODOLOGIA.....	139
7.2. INFORMACION DISPONIBLE.....	139
7.3. ASPECTOS GENERALES.....	140
7.3.1. Oferta de Agua.....	143
7.3.2. Demanda de Agua.....	143
7.4. BALANCE HIDRICO.....	143
7.4.1. Balance Hídrico Método Thornthwaite.....	143
VIII. ACTIVIDADES ANTROPICAS Y SU IMPACTO SOBRE EL AMBIENTE.....	163
8.1. AVENIDAS EXTRAORDINARIAS.....	163
8.2. EROSION HIDRICA DE LOS SUELOS.....	164
8.3. CONTAMINACION DE LAS AGUAS.....	165
8.4. IMPACTO SOBRE EL BIENESTAR HUMANO.....	166
8.5. IMPACTO SOBRE LA FLORA Y FAUNA.....	167
8.6. IMPACTO AL SISTEMA HIDRICO.....	173

IX.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	175
	9.1. CONCLUSIONES.....	175
	9.2. RECOMENDACIONES.....	177
X.	ANEXOS	

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1.1	Relación de Estaciones Meteorológicas en el Ámbito de la Cuenca de Madre de Dios	4
Cuadro N° 1.2	Cartas Nacionales escala 1/100 000, que comprenden la Cuenca Hidrográfica de Madre de Dios	5
Cuadro N° 2.1	Ubicación de la Cuenca Hidrográfica de Madre de Dios	7
Cuadro N° 2.2	Ubicación Sub Cuencas de U.H Madre de Dios en Coordenadas Geográficas	8
Cuadro N° 2.3	Ámbito de las Unidades Hidrográficas	10
Cuadro N° 2.4	Autoridades Administrativas de Agua vecinas	10
Cuadro N° 2.5	Población y Densidad de la Cuenca del río Madre de Dios	12
Cuadro N° 2.6	Principales Cultivos a Secano la Región Madre de Dios	14
Cuadro N° 2.7	Concesiones Mineras en la Cuenca del río Madre de Dios	17
Cuadro N° 2.8	Sinopsis de las formaciones vegetales según la estructura y fisonomía de las comunidades vegetales, en la Región Madre de Dios	29
Cuadro N° 2.9	Clasificación de las Tierras por CUM por cuencas	31
Cuadro N° 2.10	Clasificación Natural de los Suelos de la Región Madre de Dios	32
Cuadro N° 2.11	Consociaciones y Asociaciones de Suelos del Área de Estudio	33
Cuadro N° 2.12	Numero de ríos por Cuenca	45
Cuadro N° 2.13	Número de Quebradas por cuenca	46
Cuadro N° 2.14	Numero de Lagos y Lagunas en cada Cuenca	47
Cuadro N° 2.15	Parámetros de Forma de la Cuenca	50
Cuadro N° 2.16	Resumen de Parámetros de Relieve para cada Unidad Hidrográfica	56
Cuadro N° 2.17	Parámetros de Drenaje de la Cuenca Madre de Dios	60
Cuadro N° 2.18	Cuencas pertenecientes a la Unidad Hidrográfica 466 del Beni	65
Cuadro N° 2.19	Caudales determinados por diferentes Estudios	66
Cuadro N° 3.1	Período de Registro de las Principales Variables Meteorológicas en el Ámbito de la Cuenca de Madre de Dios	85
Cuadro N° 3.2	Tipos de Clima en la Cuenca Madre de Dios	89
Cuadro N° 3.3	Resultados Clasificación Climática Estación Iñapari	89
Cuadro N° 3.4	Resultados Clasificación Climática Estación Iberia	90
Cuadro N° 3.5	Resultados Clasificación Climática Estación Puerto Maldonado	90

Cuadro N° 3.6	Resultados Clasificación Climática Estación Pakitza	91
Cuadro N° 3.7	Resultados Clasificación Climática Estación Pilcopata	92
Cuadro N° 3.8	Resultados Clasificación Climática Estación Salvación	92
Cuadro N° 3.9	Resultados Clasificación Climática Estación Quincemil	93
Cuadro N° 3.10	Resultados Clasificación Climática Estación Paucartambo	94
Cuadro N° 3.11	Resultados Clasificación Climática Estación Crucero	94
Cuadro N° 3.12	Resultados Clasificación Climática Estación Tambopata	95
Cuadro N° 3.13	Temperaturas Medias Mensuales	96
Cuadro N° 3.14	Humedad Relativa Medias Mensuales	98
Cuadro N° 3.15	Velocidad del Viento en Km/h	99
Cuadro N° 3.16	Resultados de la ETP en mm/mes	100
Cuadro N° 4.1	Registro de la Información Pluviométrica de las Estaciones analizadas	105
Cuadro N° 4.2	Grupos de Análisis de Precipitación	106
Cuadro N° 4.3	Análisis de Doble Masa - Grupo 1	107
Cuadro N° 4.4	Análisis de Doble Masa - Grupo 2	108
Cuadro N° 4.5	Análisis de Doble Masa - Grupo 3	109
Cuadro N° 4.6	Estación Tambopata – Sandía Precipitación serie Completada y Extendida	113
Cuadro N° 4.7	Estación Iñapari Precipitación serie Completada y Extendida	114
Cuadro N° 4.8	Estación Pilcopata Precipitación serie Completada y Extendida	115
Cuadro N° 4.9	Estación Puerto Maldonado Precipitación serie Completada y Extendida	116
Cuadro N° 4.10	Estación Quincemil Precipitación serie Completada y Extendida	117
Cuadro N° 4.11	Estación Paucartambo Precipitación serie Completada y Extendida	118
Cuadro N° 4.12	Precipitaciones Máximas Diarias	119
Cuadro N° 4.13	Precipitación Promedio Multianual (1964-2008)	120
Cuadro N° 4.14	Variación de la Precipitación Promedio Mensual 1948-2008	121
Cuadro N° 5.1	Influencia de la Estaciones por Cuencas	125

Cuadro N° 5.2	Oferta de Agua en la Estación Quincemil	126
Cuadro N° 5.3	Oferta de Agua en la Estación Puerto Maldonado	126
Cuadro N° 5.4	Oferta de Agua en la Estación Iñapari	126
Cuadro N° 5.5	Resumen de la Oferta de Agua	127
Cuadro N° 5.6	Aforos puntuales estimados	128
Cuadro N° 5.7	Resultados Calidad de agua	130
Cuadro N° 5.8	Usos Actuales por Sectores en la Cuenca	132
Cuadro N° 5.9	Número de Usuarios por Demanda	133
Cuadro N° 5.10	Número de Resoluciones	133
Cuadro N° 6.1	Demanda de los Principales Cultivos en Madre de Dios	135
Cuadro N° 6.2	Distribución Cultivo de Coca en la Cuenca del Madre de Dios	136
Cuadro N° 6.3	Demanda de Agua para Uso no Agrario	137
Cuadro N° 7.1	Demanda de Usos por Sectores en la Cuenca	143
Cuadro N° 7.2	Balance Hídrico de la Estación Puerto Maldonado	144
Cuadro N° 7.3	Balance Hídrico de la Estación Pilcopata	147
Cuadro N° 7.4	Balance Hídrico de la Estación Salvación	149
Cuadro N° 7.5	Balance Hídrico de la Estación Pakitza	150
Cuadro N° 7.6	Balance Hídrico de la Estación Iñapari	152
Cuadro N° 7.7	Balance Hídrico de la Estación Iberia	154
Cuadro N° 7.8	Balance Hídrico de la Estación Quincemil	156
Cuadro N° 7.9	Balance Hídrico de la Estación Paucartambo	158
Cuadro N° 7.10	Balance Hídrico de la Estación Crucero	159
Cuadro N° 7.11	Balance Hídrico de la Estación Tambopata-Sandia	160
Cuadro N° 8.1	Caudales Medios, Mínimos y Máximos en Tiempo de Retorno	164

LISTA DE GRAFICOS

Grafico N° 1.1	Mosaico de Cartas Nacionales Escala 1/100 000 que comprenden la Cuenca Hidrográfica de Madre de Dios	5
Grafico N° 2.1	Ubicación Espacial de la Cuenca de Madre de Dios	7
Grafico N° 2.2	Producción de Oro en la Región Madre de Dios	15
Grafico N° 2.3	Perfil Longitudinal del Río Madre de Dios	51
Grafico N° 2.4	Perfil Longitudinal del Río Acre	52
Grafico N° 2.5	Perfil Longitudinal del Río Tahuamanu	52
Grafico N° 2.6	Perfil Longitudinal del Río De las Piedras	52
Grafico N° 2.7	Perfil Longitudinal del Río Medio Alto, Medio y Alto Madre de Dios	53
Grafico N° 2.8	Perfil Longitudinal del Río Heath	53
Grafico N° 2.9	Perfil Longitudinal del Río Tambopata	54
Grafico N° 2.10	Perfil Longitudinal del Río Inambari	54
Grafico N° 2.11	Curva Hipsométrica De las Piedras	57
Grafico N° 2.12	Curva Hipsométrica del Alto Acre	57
Grafico N° 2.13	Curva Hipsométrica del Alto, Medio Alto y Medio MDD	58
Grafico N° 2.14	Sistema de Drenaje del Río Acre	61
Grafico N° 2.15	Sistema de Drenaje del Río Tahuamanu	61
Grafico N° 2.16	Sistema de Drenaje del Río Tambopata	62
Grafico N° 2.17	Sistema de Drenaje del Río Inambari	62
Grafico N° 2.18	Sistema de Drenaje del Río Las Piedras	63
Grafico N° 2.19	Sistema de Drenaje del Río Alto, Medio Alto y Medio MDD	63
Grafico N° 2.20	Sistema de Drenaje del Río Medio Bajo MDD	64
Grafico N° 2.21	Mapa de las Unidades Hidrográficas con Relieve	67
Grafico N° 3.1	Variación Mensual de la Temperatura	96

Grafico N° 3.2	Variación Mensual de la Humedad Relativa	98
Grafico N° 3.3	Variación Mensual de la Velocidad del Viento	99
Grafico N° 3.4	Variación Mensual de las Horas de Sol	100
Grafico N° 3.5	Variación Mensual de la ETP	101
Grafico N° 3.6	Régimen de Temperatura de Quincemil	102
Grafico N° 3.7	Régimen de Temperatura de Iñapari	103
Grafico N° 4.1	Diagrama de Doble Masa (1964- 1978) Grupo 1	110
Grafico N° 4.2	Diagrama de Doble Masa (1964- 1989) Grupo 2	111
Grafico N° 4.3	Diagrama de Doble Masa (1964- 2008) Grupo 3	111
Grafico N° 4.4	Relación Altitud y Precipitación Total Anual	121
Grafico N° 4.5	Variación de la Precipitación Promedio Mensual 1948-2008	122
Grafico N° 5.1	Sistema Nacional de Recurso Hídricos. Ley N° 29338	123
Grafico N° 7.1	Balance Hídrico de la Estación Puerto Maldonado	144
Grafico N° 7.2	Imagen de Satélite de la Intercuenca Medio Alto Madre de Dios y Medio Madre de Dios.	145
Grafico N° 7.3	Imagen de Satélite de la Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios	146
Grafico N° 7.4	Balance Hídrico de la Estación Pilcopata	147
Grafico N° 7.5	Imagen de Satélite de la Intercuenca Alto Madre de Dios	148
Grafico N° 7.6	Balance Hídrico de la Estación Salvación	149
Grafico N° 7.7	Balance Hídrico de la Estación Pakitza	150
Grafico N° 7.8	Imagen de Satélite de la Cuenca De las Piedras.	151
Grafico N° 7.9	Balance Hídrico de la Estación Iñapari	152
Grafico N° 7.10	Imagen de Satélite de la Intercuenca Alto Acre	153
Grafico N° 7.11	Balance Hídrico de la Estación Iberia	154
Grafico N° 7.12	Imagen de Satélite de la Cuenca Orthon o Tahuamanu	155
Grafico N° 7.13	Balance Hídrico de la Estación Quincemil	156

Grafico N° 7.14	Imagen de Satélite de la Cuenca Inambari	157
Grafico N° 7.15	Balance Hídrico de la Estación Paucartambo	158
Grafico N° 7.16	Balance Hídrico de la Estación Crucero	159
Grafico N° 7.17	Balance Hídrico de la Estación Tambopata-Sandia	161
Grafico N° 7.18	Imagen de Satélite de la Cuenca del Tambopata	162
Grafico N° 8.3	Imagen de Satélite Huapetuhe-Caychive (Julio 1986)	167
Grafico N° 8.4	Imagen de Satélite Huapetuhe-Caychive (Mayo 2000)	168
Grafico N° 8.5	Área Deforestada en las Microcuencas de Huapetuhe – Caychive (Setiembre 2008)	168
Grafico N° 8.6	Área Deforestada en las Microcuencas de Huapetuhe – Caychive (Setiembre 2009)	169
Grafico N° 8.7	Área Deforestada en las Microcuencas de Huapetuhe – Caychive (1986 – 2008)	170
Grafico N° 8.8	Imagen de Satélite de la Quebrada Huacamayo (Julio 2006 – Setiembre 2008)	171
Gráfico N° 8.9	Actividad Minera en la Quebrada Huacamayo	173
Grafico N° 8.10	Impacto de Minería en la Turbidez de los Ríos	174

RESUMEN EJECUTIVO

I. ASPECTOS GENERALES

1.1. INTRODUCCION

En el presente estudio tiene como objetivo caracterizar hidrológicamente la gran Unidad Hidrográfica Madre de Dios, y las sub cuencas que la conforman que son Cuenca de Tambopata, Cuenca de Inambari, Cuenca de Las Piedras, Cuenca de Tahuamanu, Intercuenca Alto Madre de Dios, Intercuenca Medio Alto Madre de Dios, Intercuenca Medio Madre de Dios y la Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios. Adicionalmente se ha considerado la Intercuenca Alto Acre que pertenece a la Unidad Hidrográfica Purús.

1.2. OBJETIVOS

Desarrollar la descripción y evaluación del sistema hidrológico de la Cuenca de Madre de Dios, definiendo la línea base referida a la caracterización de la cuenca y subcuencas principales, evaluación de la precipitación, variables meteorológicas y balance hídrico, que permita mejorar la gestión del recurso hídrico por parte de los actores involucrados en la administración y uso del agua.

II. DESCRIPCIÓN GENERAL Y DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA MADRE DE DIOS

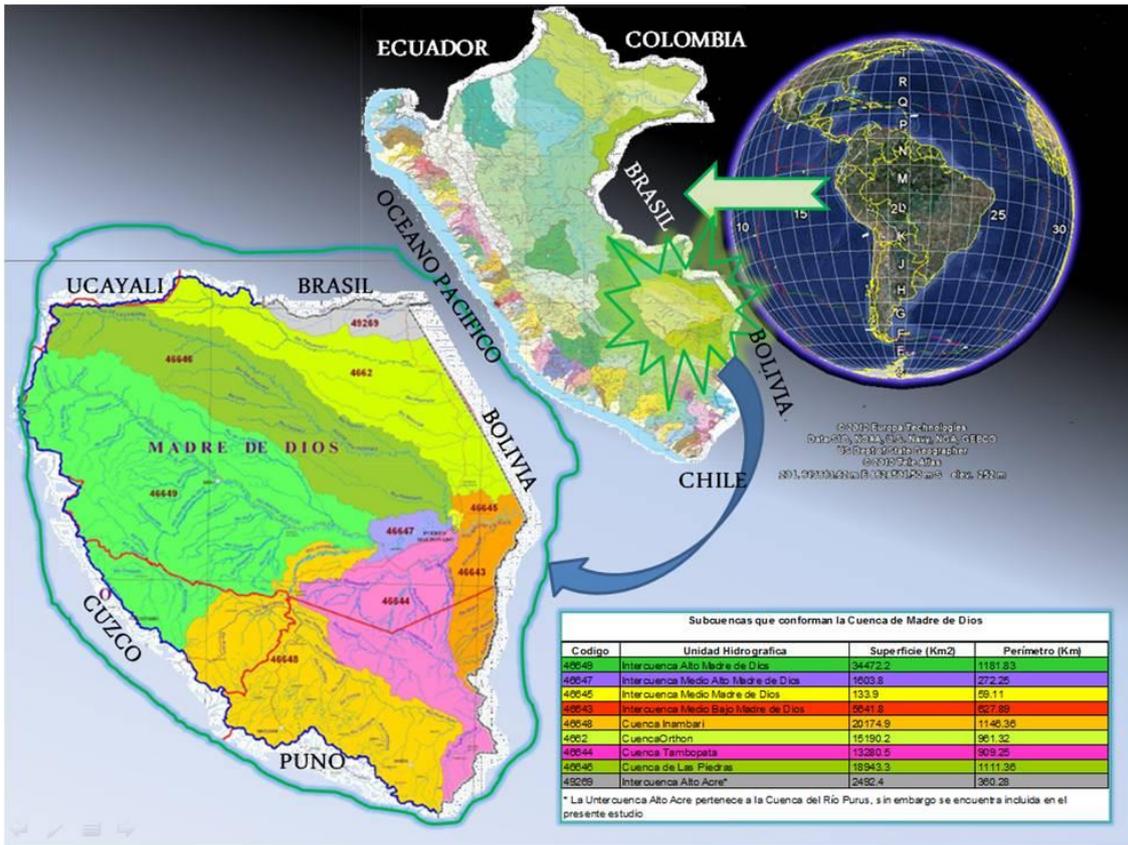
2.1. UBICACIÓN Y DEMARCACIÓN DE LA CUENCA MADRE DE DIOS

La cuenca Madre de Dios se encuentra ubicada en la parte Sur Oriental del Perú, forma parte de las grandes cuencas del río Madeira que se une al Amazonas por la margen derecha abajo de la ciudad de Manaos. Tiene una extensión territorial de 111,933 km² en territorio peruano, incluyendo la Intercuenca Acre que pertenece a la cuenca del río Purús, convirtiéndola como la tercera cuenca de mayor extensión del País.

La Cuenca del río Madre de Dios, políticamente comprende 03 Gobiernos Regionales, para Madre de Dios el 96% se encuentra en el ámbito de la cuenca, para Puno el 32% y Cuzco el 12%.

La cuenca del río Madre de Dios, administrativamente forma parte de la XIII Autoridad Administrativa del Agua - Madre de Dios (AAA). La región Madre de Dios representa el 72% de la AAA, Puno el 20% y Cuzco el 8%.

Grafico N°1: Ubicación de la Cuenca de Madre de Dios



2.2. ACCESIBILIDAD-VIAS DE COMUNICACIÓN

En la cuenca se encuentra la carretera interoceánica que vienen del Cusco por la ruta de Urcos – Ocongate – Marcapata – Quincemil – Mazuko – Puerto Maldonado - Brasil y del departamento de Puno por el tramo Juliaca – Olaechea – Macusani – San Gabán – Inambari – Mazuko – Puerto Maldonado – Brasil, así como del vecino país de Brasil desde los estados de Rondonia – Acre – Assis – Iñapari – Iberia – Puerto Maldonado.

El aeropuerto más importante se encuentra en la ciudad de Puerto Maldonado tiene una frecuencia promedio de 4 vuelos diarios.

Los principales ríos navegables son el Madre de Dios, el Inambari, el Tambopata, Las Piedras, Los Amigos, Tahuamanu, Manuripe, etc.

2.3. ASPECTOS SOCIO-ECONOMICOS

La principal actividad económica es la comercial o de brindar servicios, esto se observa principalmente en Puerto Maldonado, en segundo lugar está la actividad minera y el ecoturismo. Actualmente se tiene más de 2000 concesiones mineras.

2.3.1. Población y Densidad Regional

La población actual de la cuenca es de 267,000 habitantes, siendo la parte alta la más poblada, así mismo se tiene una densidad de 3.86 ha/km², lo que le convierte en una zona poco poblada, pero también en una de las más dinámicas en términos de incremento de población, con cerca del 3.5% de tasa de crecimiento anual.

2.3.2. Aspectos Sociales

El incremento significativo de la población, está concentrado fundamentalmente en la actividad aurífera y las actividades de servicios en Puerto Maldonado. La primera actividad origina problemas de cambios en el paisaje, remoción y movimiento masivos de tierras y diversas manifestaciones de procesos sociales. La segunda actividad, por el crecimiento exponencial de la urbe genera igualmente diversas manifestaciones de problemas sociales. También se remarca que la construcción de la carretera Interoceánica Sur, como parte del Programa IIRSA, está generando una fuerte presión de colonos andinos, por el frente de San Gabán (Puno) y, de colonos brasileños por el frente de Iñapari.

2.3.3. Servicios Básicos

Los servicios básicos como agua potable y electricidad están por debajo del promedio nacional que es de 74%.

2.4. ECOLOGIA

La variada geografía así como la gran extensión de la Cuenca de Madre de Dios es representada en veintiséis zonas de vida, que van desde un Nival subtropical a 5000 msnm en la parte alto andina de Puno y Cuzco hasta un bosque húmedo montano bajo subtropical a 200 msnm en el llano Amazónico de Madre de Dios.

La mayor zona de vida está representada por un bosque húmedo subtropical.

2.5. COVERTURA VEGETAL

La vegetación está caracterizada por las comunidades o asociaciones vegetales con dominancia de árboles vigorosos, dominancia de hierbas y arbustos y/o palmales adaptados a los terrenos pantanosos, comunidades con presencia y dominancia como la “castaña”, “shiringa” y “paca” *Guadua* sp denominadas “pacales” en asociaciones densas o puras y mixtas, bosques de piedemonte subandino, y los bosques achaparrados y matorrales de montañas. En general, representan la etapa madura, estable o clímax, en la sucesión ecológica (series de vegetación), y son muy variables en su aspecto, hábitat y composición florística.

2.6. SUELOS

Según el estudio de Macro Zonificación Ecológica Económica Madre de Dios, taxonómicamente se han identificado cinco órdenes de suelos Entisoles, Inceptisoles, Histosoles, Alfisoles y Ultisoles; de las cuales se determinaron 8 subórdenes, 11 grandes grupos de suelo. Edáficamente se identificaron 47 series de suelos divididos en 29 consociaciones y 18 asociaciones de suelos, además se ha reconocido una unidad de áreas misceláneas.

De acuerdo a la clasificación de Tierras del Perú, publicado por ONERN (1982) la cuenca tiene una mayor aptitud forestal (45%), seguido de protección (36%), pastos (11%), cultivo permanente (4%) y cultivo en limpio (4%).

2.7. GEOLOGIA

Los procesos geológicos ocurridos en el área de estudio se han producido en diferentes eras y periodos geológicos, generando diversos ambientes de sedimentación y eventos tectónicos. El análisis de estos procesos nos ha permitido definir dos unidades morfoestructurales relevantes: la Cordillera de los Andes y la Penillanura Amazónica. La clasificación de estas megaestructuras ha sido posible debido a las siguientes características:

- a) La Cordillera Andina: Como resultado de los diferentes procesos sedimentarios y tectónicos, que modelaron los relieves desde el Precámbrico (600 a 2000 millones de años) hasta la actualidad.
- b) La Penillanura Amazónica: tiene el comportamiento de una gran cubeta receptora de sedimentos provenientes de las partes altoandinas que se han ido acumulando desde el Terciario inferior.

2.8. RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES

El río Madre de Dios es afluente del río Madeiras, el cual desemboca en la margen derecha del río Amazonas en territorio brasilero, y se considera que el aporte de agua que hace al río Amazonas es del 15% aproximadamente de las cuales el río Madre de Dios contribuye con un 4%.

2.8.1. Ríos

Existen aproximadamente 136 ríos en toda la cuenca del río Madre de Dios, que fueron seleccionados considerando el caudal y orden. La cuenca con mayor cantidad de ríos es el Alto Madre de Dios.

2.8.2. Quebradas

Existen por lo menos 248 quebradas que alimentan a los ríos principales. En las partes más altas de la cuenca, las quebradas son de aguas claras y discurren sobre terrenos pedregosos. Mientras que, en el Llano Amazónico, las quebradas generalmente, son de agua negra y discurren por terrenos arenosos a arcillosos.

2.8.3. Lagunas

La Cuenca de Madre de Dios, cuenta con una gran cantidad de lagunas de diverso origen y formación. Esta cantidad importante de cuerpos de agua representa para la región un gran potencial que puede ser desarrollado en diversos sectores, como hidroenergético, industrial, agrícola, recreación y turismo, y servicios ambientales. En la cuenca del Inambari existen cerca de 1480 lagunas, sin embargo se ha inventariado 97 lagos importantes. En el llano amazónico existen grandes cochas como el lago Valencia.

2.9. GEOMORFOLOGÍA

2.9.1. Parámetros Geomorfológicos

El área que ocupa la cuenca Madre de Dios, está comprendida entre el flanco oriental andino y la Llanura amazónica, que ha sido modelada principalmente por la acción erosiva de los ríos de la vertiente oriental, los mismos que drenan hacia la cuenca atlántica a través del río Madre de

Dios, el mismo que se constituye en el principal colector de las aguas del sureste peruano y noroeste boliviano.

Las Unidades Geomorfológicas identificadas en el presente informe lo constituyen las unidades de terrazas y colinas en la llanura y al Suroeste las formaciones de ladera de montaña de gran proporción.

2.9.2. Parámetros de Forma

En el Cuadro N° 1 se presenta un resumen de los parámetros de forma, el cual nos indica que todas las cuencas presentan una forma irregular, siendo mayor la Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios, así mismo, la cuenca más alargada es de Las Piedras, el cual presenta mayores velocidades de flujo.

Cuadro N° 1: Parámetros de Forma de la Cuenca Madre de Dios

Parametros de Forma de la cuenca Madre de Dios						
Código Pfasterter	Cuenca	Area (km ²)	Perimetro (km)	Longitud de cauce principal (km)	Coefficiente de compacidad Kc	Factor de forma Ff
46644	Tambopata	13,280.50	909.25	398.58	2.21	0.08
46646	Las Piedras	18,943.30	1,111.36	779.35	2.26	0.03
46648	Inambari	20,174.90	1,146.36	448.40	2.26	0.10
46643	Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios*	5,641.80	627.89	273.86	2.34	0.08
46647,46645,46649	Intercuenca Medio Alto, Medio y Alto Madre de Dios	36,209.90	1,513.18	828.57	2.23	0.05
49269	Intercuenca Alto Acre	2,492.40	360.28	155.62	2.02	0.10
(nivel 4) 4662	Intercuenca Orthon	15,190.20	961.32	308.51	2.18	0.16

* En esta cuenca se ha considerado como rio principal al rio Heath, de acuerdo a Pfasterter.

2.9.3. Parámetros de Relieve

En el Cuadro N° 2 se presenta un resumen de los parámetros de relieve, el cual nos indica que la cuenca de mayores lados es la Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios, así mismo, la cuenca de mayor pendiente es el Inambari y la menor de las Piedras.

Cuadro N° 2: Parámetros de Relieve

Parametros de Relieve de la Cuenca Madre de Dios										
Código Pfasterter	Cuenca	Area	Perimetro	Longitud de cauce principal	Pendiente Media	Altitud alta	Altitud baja	Altitud Media	Rectangulo	
		(km ²)	(km)	(km)	S	m.s.n.m.	m.s.n.m.	m.s.n.m.	L	I
46644	Tambopata	13,280.50	909.25	398.58	0.008781	3700	200	1950	311.8	142.9
46646	Las Piedras	18,943.30	1,111.36	779.35	0.000385	500	200	350	382.7	173.0
46648	Inambari	20,174.90	1,146.36	448.40	0.009144	4400	300	2350	394.7	178.5
46643	Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios*	5,641.80	627.89	273.86	0.002373	850	200	525	217.5	96.5
46647,46645,46649	Intercuenca Medio Alto, Medio y Alto Madre de Dios	36,209.90	1,513.18	828.57	0.001448	1400	200	800	519.6	237.0
49269	Intercuenca Alto Acre	2,492.40	360.28	155.62	0.000964	400	250	325	121.3	58.9
(nivel 4) 4662	Intercuenca Orthon	15,190.20	961.32	308.51	0.000567	455	280	368	328.9	151.8

* En esta cuenca se ha considerado como rio principal al rio Heath, de acuerdo a Pfasterter.

2.9.4. Parámetros de Drenaje

Es otra característica importante en el estudio de una cuenca, ya que manifiesta la eficiencia del sistema de drenaje. En el Cuadro N° 3 se muestra los parámetros de drenaje.

Cuadro N° 3: Parámetros de Drenaje

Parámetros de Drenaje de la Cuenca Madre de Dios									
Parámetros	Orden	Unidad Hidrográfica Menor							Unidad Hidrográfica Mayor
		cuenca/Intercuenca							
		Alto Acre	Orthon o Tahuamanu	Las Piedras	Medio Bajo MDD	Medio Alto, Medio y Alto Madre de Dios	Tambopata	Inambari	
Longitud de ríos (Km)	1	180.9625	1240.553	1504.2613	596.3426	3241.6643	1082.3306	1598.67	9444.7843
	2	113.3046	587.3966	863.3444	308.1164	2032.1172	625.0123	896.7893	5426.0808
	3	7.7605	177.9284	187.75	106.53	654.8264	199.5004	268.7947	1603.0904
	4				23.51	115.3985	100.69	103.5	343.0985
	5					124.4			124.4
Longitud total de ríos		302.03	2005.88	2555.36	1034.50	6168.41	2007.53	2867.75	16941.454
Superficie (Km ²)		35968.5415	33523.3313	19044.59	1612.3773	1612.3773	13351.33	20174.87	125287.4126
Numero de ríos	1	20	147	128	46	351	138	210	1040
	2	5	24	21	15	88	33	40	226
	3	1	5	2	4	19	7	9	47
	4				1	4	2	2	9
	5					1			1
Numero Total de ríos		26	176	151	66	463	180	261	1323
Orden de ríos		3	3	3	4	5	4	4	5
Frecuencia de ríos (# total de ríos/Km ²)		0.001	0.005	0.008	0.041	0.287	0.013	0.013	0.011
Densidad de drenaje (Km/km ²)		0.008	0.060	0.134	0.642	3.826	0.150	0.142	0.135
Extensión media de escurrimiento superf. (m)		29772.56	4178.14	1863.20	389.65	65.35	1662.65	1758.77	1848.83
Coeficiente de torrencialidad (ríos 1er Orden/Km ²)		0.001	0.005	0.008	0.041	0.287	0.013	0.013	2.08

Para la cuenca del río Madre de Dios, el orden de los ríos es 5, la frecuencia de los ríos es 0.01 ríos/Km², la densidad de drenaje es 0.135 Km/Km², la extensión media de escurrimiento es 1848.77 m, y el coeficiente de torrencialidad es 2.08 ríos/Km².

2.10. DELIMITACIÓN HIDROGRÁFICA-METODO PFAFSTETTER

La Cuenca de Madre de Dios forma parte de la Cuenca del Beni (U.H466), está a su vez forma parte de la Cuenca del Madeira (U.H 46), integrante de la Región Hidrográfica N°4 del Amazonas. La Cuenca del Beni con 283315.9 Km², es compartida por Perú y Bolivia, de las cuales el 39.5% 111933.0 Km², corresponden al Perú, integrando las cuencas de Madre de Dios (U.H 4664) y Tahuamanu u Orthon (U.H4662).

En la cuenca Madre de Dios se han definido un total de nueve (09) subcuencas, y que corresponde a: Cuenca Inambari (46648), Cuenca Tambopata (46643), Cuenca Orthon (4662), Cuenca de Las Piedras (46646), Intercuenca Alto Madre de Dios (46649), Intercuenca Medio Alto Madre de Dios (46647), Intercuenca Medio Madre de Dios (46645), Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios (46643) y Intercuenca Alto Acre (46669).

III. CLIMATOLOGÍA

3.1. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

Para caracterizar el clima de la Cuenca de Madre de Dios se empleó la Fórmula de Thornthwaite, que considera como variables meteorológicas principales la temperatura y precipitación, ya que a partir de estos es posible calcular la ETP y poder realizar el Balance Hídrico, que nos mostrará los periodos de exceso y déficit, muy útiles para la caracterización climática.

Los tipos de clima encontrados en las estaciones meteorológicas de acuerdo a Thornthwaite fueron: Iñapari: Clima Semi-Húmedo y Cálido, Iberia: Clima Ligeramente - Húmedo y Cálido, Puerto Maldonado: Clima Húmedo y Cálido, Pakitza: Clima Moderadamente - Húmedo y Cálido, Pilcopata: Clima Súper - Húmedo y Cálido, Salvación y Quincemil: Clima Súper - Húmedo y Semi - Cálido, Paucartambo: Clima Semi - Húmedo y Semi - Frio, Tambopata: Clima Húmedo y Frio moderado. El que predomina en la cuenca es Súper - Húmedo y Cálido.

3.2. VARIABLES CLIMÁTICAS

3.2.1. Temperatura.

La temperatura fue registrada en 10 Estaciones a cargo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI, pertenecientes a la Cuenca Madre de Dios. Se observa que las mayores temperaturas se encuentran en la parte baja de la cuenca, donde los valores oscilan entre 25 y 26°C, correspondiente a las Estaciones Puerto Maldonado, Iñapari, Iberia y Pakitza. Los meses de mayor Temperatura se encuentran entre Octubre y Marzo. Los menores valores se encuentran en la parte alta, específicamente en las estribaciones de la Sierra de Carabaya. Las Estaciones Paucartambo y Crucero tienen 13.59 y 6.22°C respectivamente, siendo Julio el mes más frío.

3.2.2. Humedad Relativa

Iberia tiene un promedio anual de 68.3 % y Puerto Maldonado 81.1%. Las Estaciones Quincemil y Pilcopata alcanzan valores promedio anuales de 82.1%, 87.5%, respectivamente; ubicándose en la parte de selva alta. Los valores de humedad relativa más bajos se ocurren en el periodo de estiaje y los porcentajes más altos de humedad relativa se presentan en los meses lluviosos, ocurriendo generalmente, en el mes de febrero.

3.2.3. Variación estacional de la temperatura

Una particularidad térmica de esta zona, es la ocurrencia frecuente de friajes, fenómenos que se deben a la llegada eventual del frente polar, que hacen descender notablemente la temperatura en la selva, en periodos cortos e irregulares que suceden entre mayo y agosto. Los descensos absolutos llegan a menos de 9 °C para los días más fríos. En la Estación Quincemil la temperatura máxima diaria se registró en Febrero de 1984 (36°C) y la mínima en Agosto de 1975 (8°C). En la Estación Iñapari se registró una temperatura mínima de 3.4°C en Julio de 1976, lo cual lo convierte en un evento fuera de lo normal.

IV. ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA PLUVIOMETRÍA

Se evaluó la consistencia de la información de precipitación media mensual, para establecer si existen posibles fenómenos de no homogeneidad e inconsistencia de los datos, que puede reflejarse como "saltos" y/o tendencias en las registros de precipitación. El procedimiento a seguirse en todo análisis de consistencia

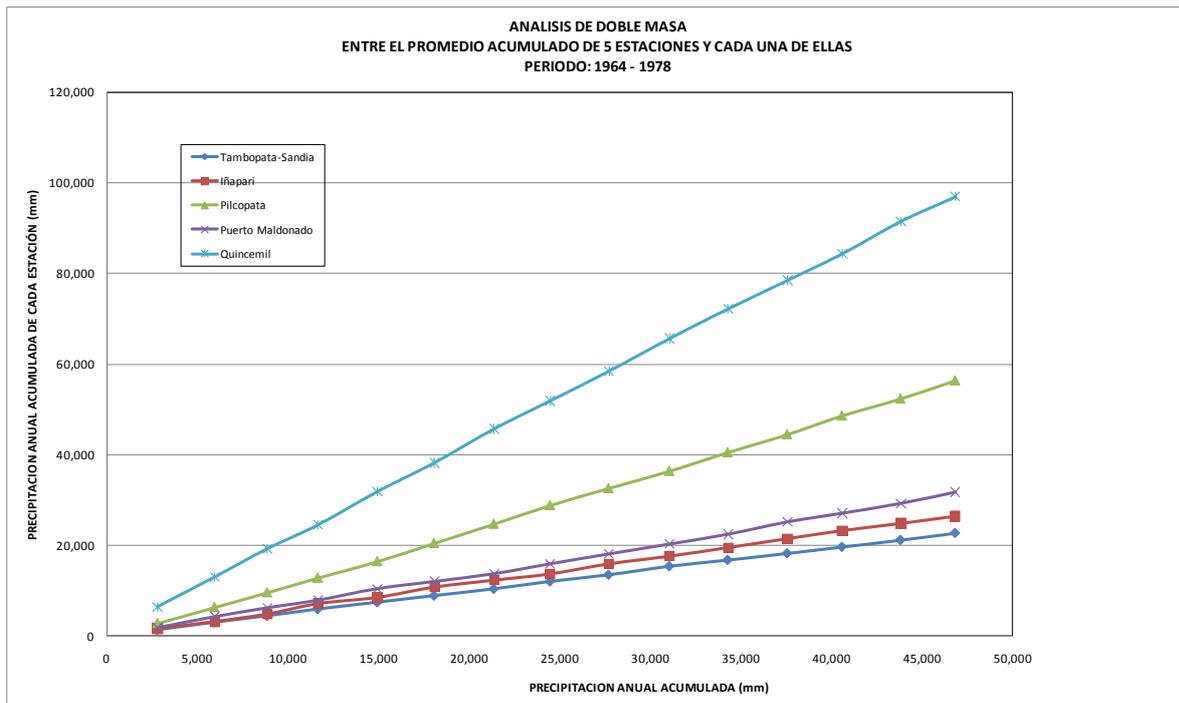
comprende tres partes: a) análisis de hidrogramas anuales y mensuales, b) análisis de doble masa y c) análisis estadístico. Para el análisis de información pluviométrica se ha considerado trabajar con 6 Estaciones: Tambopata - Sandia, Iñapari, Pilcopata, Puerto Maldonado, Quincemil y Paucartambo.

Para efectos del estudio, se han establecido tres (03) períodos de análisis, el cual estuvo en función al período de registro existente. El primero grupo conformado por las Estaciones Tambopata - Sandia, Iñapari, Pilcopata, Puerto Maldonado y Quincemil (período 1964-1978), el segundo grupo conformado por las Estaciones Tambopata-Sandia, Pilcopata y Puerto Maldonado (período 1964-1989), y el tercer grupo por las Estaciones Tambopata-Sandia, Puerto Maldonado y Paucartambo (período 1964-2008).

4.1. ANÁLISIS DE CONSISTENCIA

El análisis de doble masa nos indica que la información presentada es consistente y los quiebres no son significativos, por lo que no fue necesario efectuar análisis estadístico ni análisis de tendencias.

Grafico N°2: Análisis de Doble Masa



4.2. VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA PRECIPITACIÓN

Análisis de Tormentas

En la cuenca la distribución de lluvias a lo largo del año es marcadamente estacional, puesto que las lluvias se dan principalmente en el verano. Los meses lluviosos (Diciembre a Marzo) pueden concentrar algo más del 50 % del total anual de precipitación.

Para el análisis de precipitaciones máximas se ha considerado las Estaciones de Quincemil, Puerto Maldonado e Iñapari.

El valor máximo de precipitación en Quincemil para 24 horas se registró en Febrero de 1977 (322,1 mm); este valor no representa ni el 5% de la precipitación total anual para ese año. Para Puerto Maldonado, en marzo de 1982, la precipitación registrada en 24 horas equivale al 65% del total de precipitación de ese mes, y también equivale a un 10% del total de ese año (3728 mm), lo que lo convierte en un evento fuera de lo normal si tomamos en cuenta que la precipitación promedio para esta zona es de 2000 mm.

V. GESTION DEL AGUA

El marco legal vigente para la administración de aguas en el Perú está regido por la Ley N° 29338 - Ley Recursos Hídricos (LRH), publicada el 31 de marzo de 2009, que en su Artículo 14° establece que la Autoridad Nacional del Agua (ANA) es el ente rector y la máxima autoridad técnico-normativo del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos; y el Artículo 17° establece que la organización y estructura básica de la ANA está compuesta, entre otros, por órganos desconcentrados denominados Autoridades Administrativas del Agua (AAA) y Administraciones Locales de Agua (ALA).

En la cuenca Madre de Dios está considerada la creación de una AAA Madre de Dios, en cuyo ámbito se realiza el presente Estudio (111,933 Km²). Dentro de ella se encuentran 2 ALAs, el ALA Maldonado, ubicado en la ciudad de Puerto Maldonado y el ALA Inambari, ubicado en Macusani, esta última es una sub sede del ALA Huancané.

5.1 DISPONIBILIDAD DEL AGUA

Recursos hídricos superficiales

El potencial de agua disponible en la cuenca Madre de Dios es de 245,491 MMC. A pesar de que el estudio no contemplo hacer mediciones de caudal, se ha estimado en base a las observaciones en campo, considerando al ancho, profundidad promedio y velocidad promedio. El río Tambopata se estimo en 2,300 m³/s, el río de Las Piedras 94 m³/s, el río Inambari en 1368 m³/s, el río Madre de Dios en 6580 m³/s, el río Tahuamanu en 175 m³/s, el río Acre en 56 m³/s y el río Heath en 50 m³/s. Estos caudales dependen del lugar y tiempo.

Calidad de agua

Si bien es cierto que en el estudio no se ha considerado tomar muestras de calidad de agua, se puede observar a simple vista el deterioro de las aguas por la actividad minera, la deforestación de los bosques, los desagües de las ciudades y los residuos sólidos que se arrojan al río. Por ejemplo, la ciudad de Huapetuhe y Boca Colorado no cuenta con desagüe, a pesar de ser capitales de distrito, esto es un gran problema que no solo depende de las autoridades sino de la población en general que tiene la costumbre de vivir en estas condiciones.

5.2 ESTADO ACTUAL DEL USO DEL AGUA POR DIVERSAS FUENTES

El uso actual del agua es liderado por el uso poblacional, con un 70%, seguido del industrial y minero con un 18% y 12% respectivamente. El uso agrario del agua es prácticamente nulo. El monto a recaudar del ALA Maldonado durante el año 2010 según la tarifa vigente es de S/. 96,392. El mayor número de usuarios es por minería (94) seguido del poblacional (84) e industrial (26). Así mismo, la mayoría son permisos de agua.

VI. USOS Y DEMANDAS DEL AGUA

En general, los usos de agua resultan despreciables dada la magnitud de la cuenca. Sólo se tienen usos poblacionales reducidos para las poblaciones pequeñas que se localizan en la zona. La agricultura es una actividad reducida en la zona, se siembra cerca de 12,000 ha bajo secano, principalmente por ser una región forestal por excelencia y sus consumos dependen básicamente de las lluvias estacionales. La demanda requerida por esta activa es cerca de 124 MMC. Dentro de los principales cultivos se encuentran el Maíz Amarillo, Arroz y el pasto Brachearia.

Hay un uso minero de las aguas superficiales en varios ríos del área de la cuenca del Alto Madre de Dios, Inambari y Tambopata. Se trata de un uso marcadamente informal, en el que se aprovechan la presencia de oro aluvial entre los sedimentos fluviales de los ríos y quebradas. En algunos casos, la actividad minera es intensa cerca de la Carretera Interoceánica, como en las quebradas Guacamayo, Dos de Mayo (km 318); también en el río Inambari y quebradas cercanas a Mazuko; y en otros casos, la actividad minera se halla a varios km de la carretera, como sucede en el río Jayabe, y el río Madre de Dios, principalmente en la localidad de Laberinto.

VII. BALANCE HÍDRICO

7.1 Balance Hídrico Método Thornthwaite

Para el cálculo del Balance Hídrico en la Cuenca de Madre de Dios, se emplearon los datos de Temperatura y Precipitación, de las diferentes estaciones meteorológicas de la cuenca, para el cálculo de la Evapotranspiración Potencial se empleó el método de Thornthwaite. Los resultados indican que en la Estación Puerto Maldonado existe déficit en los meses de agosto y setiembre, en la estación de Pilcopata no existe déficit de agua y las demandas son atendidas en forma satisfactoria, así mismo la estación Salvación, Pakitza, Crucero, Tambopata y Quincemil no presenta déficit en global. Este último presenta los mayores excedentes de agua durante el año con 5557 mm. La estación Paucartambo es la que presenta el mayor déficit con 4 meses de escasez de Julio a Octubre. La estación Iñapari presenta 3 meses de estiaje e Iberia 2 meses.

VIII. ACTIVIDADES ANTRÓPICAS Y SU IMPACTO SOBRE EL AMBIENTE

La deforestación y la disminución de la biodiversidad producen la pérdida de hábitats y la fragmentación de los ecosistemas. La reducción de la cobertura forestal en la cuenca es una realidad incontrastable. En el período 2000-2005 se deforestó anualmente cerca de 10 km², lo que significa también la pérdida de especies de flora y fauna. Sin embargo, no es posible estimar dicha pérdida debido a las restricciones de información. Si bien existe información local sobre la situación de la biodiversidad en la región, no se cuenta con estadísticas ni cartografía generales que ilustren sobre esta realidad a nivel de ecosistema.

8.1 IMPACTO SOBRE EL BIENESTAR HUMANO

La minería aurífera informal o ilegal en la región Madre de Dios viene ocasionando graves consecuencias en la salud de las personas, por la precariedad e insalubridad en la que viven en las áreas donde se explotan el mineral; en el ámbito social, pues existe la problemática de la trata de personas, la trasgresión a los derechos laborales,

el trabajo infantil y la prostitución; y, en el económico, por la evasión tributaria que afecta la recaudación fiscal del país.

8.2 IMPACTO SOBRE LA FLORA Y FAUNA

La zona de Huapetuhe por ser una de las menos conservadas debido a la actividad minera intensiva practicada en la zona, reporta el menor número de especies de fauna silvestre. El grado de deforestación en esta zona a setiembre del 2008 es de 18,000 ha. Así mismo, la deforestación en la quebrada Huacamayo, a setiembre del 2008, fue de 900 ha de explotación minera con chupadera, sin embargo se estima que actualmente esto haya aumentado al doble por la gran cantidad de personas que vienen a trabajar en condiciones inhumanas.

La implementación del ordenamiento minero y la recuperación de las zonas afectadas por la minería aurífera informal o ilegal, permitirá el aprovechamiento sostenible de los recursos.

8.3 IMPACTO SOBRE EL SISTEMA HÍDRICO

Uno de los mayores impactos al sistema hídrico es la turbidez de los ríos, que viene creciendo en forma alarmante. Estos problemas se observan más en los ríos Huapetuhe, Pukiri y Colorado en la cuenca del Alto Madre de Dios. El río Caychive, Dos de mayo y quebrada Huacamayo en la cuenca del Inambari. La Quebrada Yarinal, río Malinowski en la cuenca del Tambopata. El río Madre de Dios en la cuenca del Medio Alto Madre de Dios.

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La cuenca Madre de Dios es la tercera cuenca de mayor extensión del País con una superficie de 109441 Km² en territorio peruano. El área de estudio abarca también la intercuenca Alto Acre (perteneciente a la Cuenca Purús) lo que equivale a 11,933 Km² que representa el 9% del País.
- Existen aproximadamente 136 ríos, 248 quebradas y 140 lagunas y cochas.
- De acuerdo a la metodología Pfafstetter, de codificación y delimitación de Unidades Hidrográficas se han definido un total de nueve (09) cuencas, y que corresponden a: Cuenca Inambari (46648), Cuenca Tambopata (46643), Cuenca Orthon (4662), Cuenca de Las Piedras (46646), Intercuenca Alto Madre de Dios (46649), Intercuenca Medio Alto Madre de Dios (46647), Intercuenca Medio Madre de Dios (46645), Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios (46643) y Intercuenca Alto Acre (46669).
- Para definir la forma de las cuencas se utilizaron el coeficiente de compacidad (Kc) cuyos resultados arrojan valores que oscilan entre 2.02 y 2.34 lo cual indica que se trata de cuencas de forma irregular, siendo mayor la Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios. Así mismo, el factor de forma (Ff) indica que la cuenca más alargada es la de Las Piedras, el cual presenta mayores velocidades de flujo.
- Dentro de los parámetros de relieve, la pendiente de la cuenca Madre de Dios es de 0.36‰. La mayor pendiente lo registra la cuenca Inambari con 2.28‰.
- Los parámetros de drenaje indican que el orden de los ríos es 5, la frecuencia de los ríos es 0.01 ríos/Km², la densidad de drenaje es 0.135 Km/Km², la extensión media de escurrimiento es 1848.77 m, y el coeficiente de torrencialidad es 2.08 ríos/Km².
- Las mayores contaminaciones de los ríos se dan por la actividad minera, residuos urbanos, actividad petrolera y cultivos ilícitos. Los ríos más impactados son:

Huapetuhe, Pukiri y Colorado en la cuenca del Alto Madre de Dios; los ríos Caychive, Dos de Mayo y Quebrada Huacamayo en la Cuenca del Inambari; la Quebrada Yarinal, río Malinowski en la cuenca del Tambopata; el río Madre de Dios en la cuenca del Medio Alto Madre de Dios.

- Se requiere implementar por lo menos dos (02) Estaciones Hidrométricas, una de ellas en el río Madre de Dios a la altura del Puente Billinghamurst y otra en el río Inambari a la altura del Puente Inambari; así mismo, se recomienda instalar una Estación Meteorológica en la cuenca de las Piedras y volver a activar las Estaciones de Iberia y Pilcopata.
- Se recomienda realizar un estudio más detallado de los ríos impactados por la minería, como son: Huapetuhe, Pukiri y Colorado, Caychive, Dos de Mayo, Quebrada Huacamayo, Quebrada Yarinal, río Malinowski y río Madre de Dios.

I. ASPECTOS GENERALES

1.1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como objetivo caracterizar hidrológicamente la gran Unidad Hidrográfica Madre de Dios, y las sub cuencas que la conforman, que son Cuenca de Tambopata, Cuenca de Inambari, Cuenca de Las Piedras, Cuenca de Tahuamanu, Intercuenca Alto Madre de Dios, Intercuenca Medio Alto Madre de Dios, Intercuenca Medio Madre de Dios y la Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios.

El área del estudio abarca gran parte del departamento de Madre de Dios y parte de los departamentos de Cuzco y Puno, se extiende por el Sector Oriental del departamento de Madre de Dios, siendo sus límites por el Norte: la cuenca de Acre cuyo río es límite fronterizo entre Perú y Brasil; por el Este: el país fronterizo de Bolivia; por el Sur: la cordillera de Carabaya, en el departamento de Puno, marca el divorcio de agua de la gran Unidad Hidrográfica de Madre de Dios de las Unidades Hidrográficas de Suches y Azángaro; finalmente, por el Oeste limita con la cuenca del Urubamba, ubicada en gran parte en el departamento del Cuzco.

A nivel de la Cuenca Amazónica la gran Unidad Hidrográfica de Madre de Dios, forma parte del Sistema Hidrográfico del río Madeira, que se encuentra con el río Amazonas por la margen derecha, en territorio Brasileño. El río Madre de Dios, al salir de territorio Peruano se encontrará con el río Beni, luego este se encuentra con el río Guapóre en el límite de Bolivia y Brasil, formando el río Madeira.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Generales

Desarrollar la descripción y diagnóstico del sistema hidrológico de la Cuenca de Madre de Dios, definiendo la línea base referida a la caracterización de la cuenca y subcuencas principales, evaluación de la precipitación, variables meteorológicas y balance hídrico, que permita mejorar la gestión del recurso hídrico por parte de los actores involucrados en la administración y uso del agua.

1.2.2. Específicos.

- Evaluar los parámetros de forma y relieve de la cuenca y subcuencas que conforman el sistema hidráulico.
- Establecer el tipo de ecología en la cuenca y subcuencas que conforman el sistema hidráulico.
- Evaluar las variables meteorológicas en el ámbito de la cuenca y establecer el tipo de clima y su clasificación.
- Evaluación del comportamiento de la precipitación en la cuenca y subcuencas.
- Estimación de la demanda multisectorial.
- Establecer el Balance Hídrico Climático por el Método de Thornthwaite.
- Diagnóstico de las actividades antrópicas y su impacto en el ambiente.
- Sistematización de la información en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

1.3. JUSTIFICACION

Actualmente no se cuenta con un Estudio de Diagnóstico Hidrológico Base que nos permita conocer la situación actual de los recursos hídricos de la cuenca del río Madre de Dios, caracterización de la cuenca, régimen pluviométrico y meteorológico, uso actual del agua, actividades antrópicas y su impacto sobre el ambiente, de ahí la importancia de establecer una línea base que sirva como punto de partida para la evaluación y planificación de los recursos hídricos, tal que permita a las autoridades locales mejorar la gestión del recurso hídrico de manera planificada y responsable.

1.4. METODOLOGIA DE TRABAJO

1.4.1. Actividades Preliminares

Para la realización del estudio se efectuaron una serie de actividades preliminares previas a los trabajos de campo, y estas correspondieron:

- Reuniones de trabajo con el Administrador Local de Agua Maldonado y su equipo técnico, con la finalidad de establecer los cronogramas de trabajo de campo, asesoramiento en cuanto a la problemática existente, recopilación de información existente.
- Reuniones con instituciones públicas y privadas que hacen uso del recurso hídrico.
- Reuniones con las organizaciones de usuarios de agua, para el apoyo en la identificación de fuentes de agua e infraestructura hidráulica.
- Reuniones con la Comunidades Nativas, para el apoyo en la identificación de fuentes de agua.

1.4.2. Trabajo de Campo

- Reconocimiento de la cuenca en los aspectos hidrográficos, fisiográficos y geomorfológicos.
- Evaluación de las unidades hidrográficas Acre, Tahuamanu, Las Piedras, Intercuenca Alto, Medio Alto y Medio Madre de Dios, Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios, Inambari y Tambopata
- Inventario de la infraestructura hidráulica mayor
- Verificación de las estaciones de aforos
- Aforos en las principales fuentes de agua
- Reconocimiento de las fuentes de agua principales
- Identificación de las áreas bajo riego
- Evaluación de la demanda multisectorial y consumo de agua para los diferentes usos (consuntivo y no consuntivo).
- Identificación de las actividades antrópicas y su impacto en el ambiente

1.4.3. Trabajos de Gabinete

- Procesamiento e interpretación de la información meteorológica
- Procesamiento e interpretación de la información pluviométrica

- Recopilación de la información hidrométrica
- Sistematización de demanda multisectorial y consumo de agua para los diferentes usos (consuntivo y no consuntivo).
- Implementación de un modelo de balance hidrológico.
- Sistematización de la información en un Sistema de Información Geográfica SIG y elaboración de mapas temáticos.
- Identificación de las actividades antrópicas y su impacto en el ambiente.

1.5. INFORMACION BASICA

1.5.1. Estudios de antecedentes sobre Recursos Hídricos.

Los estudios referidos exclusivamente a recursos hídricos en la Cuenca de Madre de Dios, son escasos, sin embargo existen estudios que entre sus componentes abordaron temas relacionados a los recursos hídricos, entre ellos tenemos:

- Macro Zonificación Ecológica Económica del Departamento de Madre de Dios, Escala 1:250,000; realizado por el Gobierno Regional de Madre de Dios junto con el Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana - IIAP (2009).
- Estudio de Meso Zonificación Ecológica Económica del Corredor Interoceánico Sur Tramo Iñapari – Inambari (2007), realizado por el Proyecto Especial Madre de Dios – INADE.
- Estudio de Impacto Socio Ambiental de la Carretera Interoceánica, realizado por WALSH Perú (2006).
- Estudio de línea base del Estudio de Impacto Ambiental de la Central Hidroeléctrica de Inambari (S&Z) (2009).

En el caso de la cuenca De las Piedras, los estudios realizados anteriormente son pocos debido fundamentalmente a la dificultad para acceder a la cuenca por tener partes inexploradas y la presencia de grupos humanos no contactados.

1.5.2. Información hidrometeorológica

La información meteorológica utilizada en el presente estudio, fue obtenida de diferentes estaciones meteorológicas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía - SENAMHI, ubicadas en diferentes puntos dentro de la cuenca y alrededor de esta; entre la información registrada se tienen variables de precipitación, temperatura, humedad relativa y evaporación. Adicionalmente se utilizó datos climáticos de la University of East Anglia. La información recopilada para el estudio fue del SENAMHI y se muestra en el Cuadro N°1.1.

Cuadro N°1.1 Relación de Estaciones Meteorológicas en el Ámbito de la Cuenca de Madre de Dios.

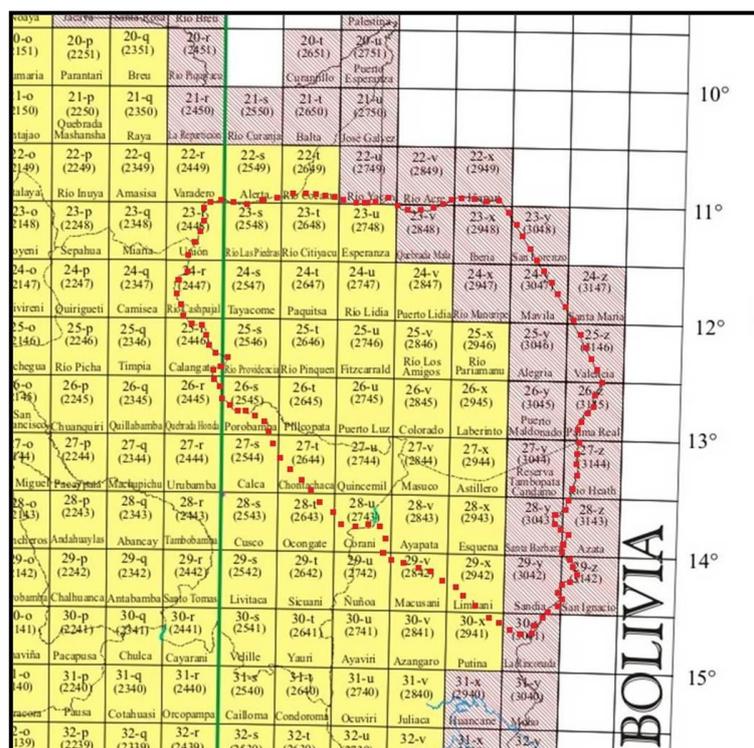
Nombre	Departamento	Provincia	Latitud S	Longitud	Altitud
Iberia	Madre de Dios	Tahuamanu	11° 21'1	69° 35'1	280
Iñapari	Madre de Dios	Tahuamanu	10° 57'1	69° 36'1	265
Pakitza	Madre de Dios	Manu	11° 56'40	71° 16'59	319
Salvación	Madre de Dios	Manu	12° 52'21.2	71° 22'2.9	548
Pilcopata	Madre de Dios	Manu	13° 05'1	71° 01'1	900
Puerto Maldonado	Madre de Dios	Tambopata	12° 36'11.23	69° 13'40.72	256
Quincemil	Cuzco	Quispicanchis	13° 13'25	70° 45'55	619
Ocongote	Cuzco	Quispicanchis	13° 38'1	71° 24'1	3972
Huayllapampa	Cuzco	Quispicanchis	13° 34'1	71° 26'1	3230
Chontachaca (Paucartambo)	Cuzco	Paucartambo	13° 01'26	71° 28'4	982
Paucartambo	Cuzco	Paucartambo	13° 19'28	71° 35'26	3042
Rocotal	Cuzco	Paucartambo	13° 06'48	71° 34'15	2010
San Gabán	Puno	Carabaya	13° 26'26.9	70° 24'17.7	820
Ollaechoa	Puno	Carabaya	13° 48'48	70° 29'28	3420
Macusani	Puno	Carabaya	14° 04'4	70° 25'25	4331
Crucero – Carabaya	Puno	Carabaya	14° 21'20	70° 01'1	4130
Sollocta	Puno	Carabaya	14° 25'1	70° 00'1	4000
Limbani	Puno	Sandia	14° 07'6	69° 41'41	3120
Tambopata – Sandia	Puno	Sandia	14° 13'12	69° 09'8	1320
Cuyo Cuyo – Sandia	Puno	Sandia	14° 28'28	69° 32'32	3555
Ananea – Sandia	Puno	Sandia	14° 40'43.4	69° 32'4.3	4660
Huaraya - Moho	Puno	Moho	15° 23'23	69° 29'29	3890
Antauta	Puno	Melgar	14° 18'1	70° 18'1	4400

1.5.3. Información cartográfica

La información cartográfica para realizar el presente estudio fue tomada de la base oficial de cuencas hidrográficas de la ANA, la cual fue procesada a partir de la información cartográfica del Instituto Geográfico Nacional (IGN), que corresponden a las cartas nacionales presentadas en el Grafico N°1.1 y Cuadro N°1.2.

Diagnóstico Hidrológico de la Cuenca Madre de Dios

Grafico N° 1.1: Mosaico de Cartas Nacionales a Escala 1/100 000 que comprenden la Cuenca Hidrográfica de Madre de Dios



Fuente: Instituto Geográfico Nacional. IGN

Cuadro N°1.2: Cartas Nacionales a Escala 1/100 000, que comprenden la Cuenca Hidrográfica de Madre de Dios

Código	Nombre	Código	Nombre
22-R	VARADERO	26-R	QUEBRADA HONDA
22-S	ALERTA	26-S	POROBAMBA
22-T	RIO COCAMA	26-T	PILLCOPATA
22-U	RIO YACO	26-U	PUERTO LUZ
22-V	RIO ACRE	26-V	COLORADO
22-X	IÑAPARI	26-X	LABERINTO
23-R	UNION	26-Y	PUERTO MALDONADO
23-S	RIO LAS PIEDRAS	26-Z	PALMA REAL
23-T	RIO CITYYACU	27-S	CALCA
23-U	ESPERANZA	27-T	CHONTACHACA
23-V	QUEBRADA MALA	27-U	QUINCÉMIL
23-X	IBERIA	27-V	MASUCO
23-Y	SAN LORENZO	27-X	ASTILLERO
24-R	RIO CASHPAJALI	27-Y	RESERVA TAMBOPATA CANDAMO
24-S	TAYACOME	27-Z	RIO HEATH
24-T	PAQUITSA	28-T	OCONGATE
24-U	RIO LIDIA	28-U	CORANI
24-V	PUERTO LIDIA	28-V	AYAPATA
24-X	RIO MANURIPE	28-X	ESQUENA
24-Y	MAVILA	28-Y	SANTA BARBARA
25-R	CALANGATO	28-Z	AZATA
25-S	RIO PROVIDENCIA	29-U	NUÑO A
25-T	RIO PINQUEN	29-V	MACUSANI
25-U	FITZCARRALD	29-X	LIMBANI
25-V	RIO LOS AMIGOS	29-Y	SANDIA
25-X	RIO PARIAMANU	29-Z	SAN IGNACIO
25-Y	ALEGRIA	30-X	PUTINA
25-Z	VALENCIA	30-Y	LA RINCONADA

Fuente: Instituto Geográfico Nacional. IGN.

II. DESCRIPCIÓN GENERAL Y DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA MADRE DE DIOS

2.1. DIAGNÓSTICO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CUENCA MADRE DE DIOS

La red hidrográfica de la cuenca del río Madre de Dios está formada por ríos que forman parte de las grandes cuencas del río Madeira, con una extensión territorial de 111,933 km² en territorio peruano, incluyendo la Intercuenca Acre que pertenece a la cuenca del río Purús.

La cuenca del río Madre de Dios tiene como eje hídrico principal al río Madre de Dios, tributario del río Madeira que desemboca por la margen derecha del río Amazonas, a la altura de la ciudad de Manaos. Está formado por la unión de dos ríos que se originan en los Andes del sur del Perú: el río Manu, que se origina en el sector oeste del ámbito de la cuenca y el río Alto Madre de Dios, que se origina por el sector sur de la cuenca.

Entre los principales tributarios del río Madre de Dios se encuentran los ríos De la Piedras y Los Amigos por la margen izquierda; los ríos Blanco, Chilive, Colorado, Inambari, Tambopata y Heath, por la margen derecha. En el sector norte fluye el río Tahuamanu y el río Manuripe, que nace en territorio peruano, y se unen para formar el río Orthon en territorio boliviano.

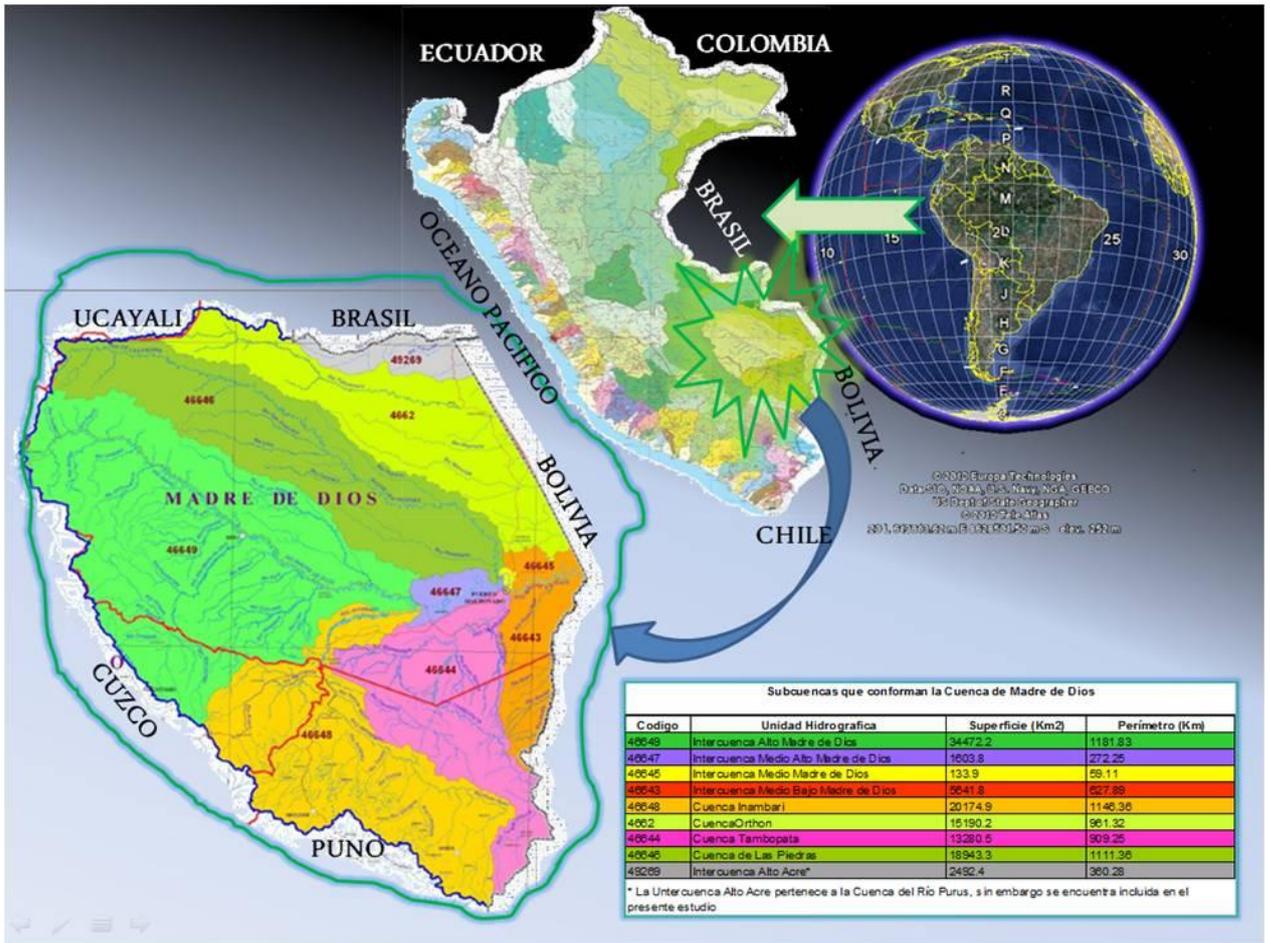
La velocidad de la corriente y los grandes volúmenes de agua que acarrean los ríos, asociados a la intensidad de las inundaciones y al material no consolidado de los suelos, producen procesos erosivos y de sedimentación en las riberas, los cuales ocasionan migraciones laterales de los cursos de los ríos, que se intensifican en los sectores bajos de la cuenca, pero que no son tan dinámicos como en otros ríos del Llano amazónico, entre ellos, el Ucayali y el Marañón.

2.2. UBICACIÓN Y DEMARCACIÓN DE LA CUENCA MADRE DE DIOS

La Cuenca Hidrográfica del río Madre de Dios se encuentra ubicada en la parte Sur Oriental del Perú, es limítrofe por el Este con Bolivia, por el Norte con Brasil y el departamento de Ucayali, por Oeste con el departamento de Cuzco y por el Sur con el departamento de Puno.

La ubicación espacial de la Cuenca Hidrográfica del río Madre de Dios se muestra en el Gráfico N° 2.1.

Grafico N° 2.1 Ubicación Espacial de la Cuenca de Madre de Dios



2.2.1. Ubicación Geográfica

La Cuenca del río Madre de Dios, abarca gran parte del departamento de Madre de Dios y parte de los departamentos de Cuzco y Puno, en el Cuadro N°2.1 se encuentran establecidas, en un rango mínimo y máximo, en coordenadas geográficas y UTM:

Ubicación de la Cuenca Hidrográfica de Madre de Dios

Cuadro N°2.1

Sistema	Datum	Componentes	Valor Mínimo Aproximado	Valor Máximo Aproximado
Coordenadas Geográficas	Horizontal WGS 84	Longitud Oeste	73°13'35"	68°39'07"
		Latitud Sur	14°40'34"	10°54'
Coordenadas UTM Zona: 18-19	Horizontal WGS 84	Metros Este	781318	537819
		Metros Norte	8369595	8807933

A nivel de Sub Cuencas el Cuadro N° 2.2 muestra su ubicación en coordenadas geográficas:

Ubicación Sub Cuencas de U.H Madre de Dios en Coordenadas Geográficas.

Cuadro N° 2.2

Cuenca	Coordenadas Geográficas	
	Latitud Sur	Longitud Oeste
Intercuenca Alto Madre de Dios	11° - 13.5°	73.5° - 68.5°
Intercuenca Medio Alto Madre de Dios	12.5° - 13°	70° - 69°
Intercuenca Medio Madre de Dios	12.5°	69°
Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios	12.2° - 14°	68°39' - 70°
Cuenca Tambopata	12.2° - 14.5°	68°40' - 70.5°
Cuenca Inambari	12.2° - 14.5°	69° - 71°
Cuenca Las Piedras	11° - 12.5°	69° - 72.5°
Cuenca de Orthon	10° - 12.5°	68°40' - 72°

2.2.2. Demarcación Hidrográfica

La cuenca del río Madre de Dios está conformada por 8 Unidades Hidrográficas mayores, es una de las más grandes del país, tiene una superficie de 109441 Km², sin incluir la Intercuenca Alto Acre, que representa el 8.7% del territorio peruano. Pertenece a la vertiente del Océano Atlántico y limita con las siguientes cuencas:

Por el Norte: Cuencas de Acre (U.H. 49269), Yaco (U.H. 49289) y Purús (U.H. 49299).

Por el Este: La cuenca de Orthon o Tahuamanu en territorio Boliviano.

Por el Sur: las cuencas de Suches (U.H. 0172) y Azángaro (U.H. 019)

Por el Oeste: Cuenca del Urubamba (U.H. 4994)

En el caso de la Cuenca del Tahuamanu esta tiene como límites:

Por el Norte: Cuencas de Acre (U.H. 49269) y Yaco (U.H. 49289).

Por el Este: La cuenca de Tahuamanu (U.H. 4662).

Por el Sur: La cuenca de las Piedras (U.H. 46646) y la Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios (U.H. 46643).

Por el Oeste: La cuenca de las Piedras (U.H. 46646) y Purús (U.H. 49299).

En el caso de la Cuenca de Las Piedras esta tiene como límites:

Por el Norte: Cuencas de Acre (U.H. 49269), Yaco (U.H. 49289) y Purús (U.H. 49299).

Por el Este: La cuenca de Tahuamanu (U.H. 4662).

Por el Sur: La Intercuenca de Medio Alto Madre de Dios (U.H. 46649), la Intercuenca Medio Madre de Dios (U.H. 46647) y la Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios (U.H. 46645).

Por el Oeste: La Intercuenca Medio Alto Madre de Dios (U.H. 46649) y la Cuenca del Urubamba (U.H. 4994).

En el caso de la Cuenca del Alto Madre de Dios tiene como límites:

Por el Norte: Cuencas de las Piedras (U.H. 46646).

Por el Este: Cuencas de las Piedras (U.H. 46646), la Intercuenca Medio Madre de Dios (U.H. 46647) y la cuenca del Inambari (U.H. 46648).

Por el Sur: La cuenca del Inambari (U.H. 46648), y la cuenca del Urubamba (U.H. 4994).

Por el Oeste: La Cuenca del Urubamba (U.H. 4994).

En el caso de la Cuenca Medio Alto Madre de Dios tiene como límites:
Por el Norte: Cuencas de las Piedras (U.H. 46646).
Por el Este: La Intercuenca Medio Madre de Dios (U.H. 46647) y la cuenca del Tambopata (U.H. 46644).
Por el Sur: La cuenca del Tambopata (U.H. 46644).
Por el Oeste: La Cuenca del Alto Madre de Dios (U.H. 46649) y la cuenca del Inambari (U.H. 49648).

En el caso de la Cuenca Medio Madre de Dios tiene como límites:
Por el Norte: Cuencas del Medio Bajo Madre de Dios (U.H. 46643) y cuenca de Las Piedra (U.H. 46646).
Por el Este: La Intercuenca Medio Bajo de Dios (U.H. 46643). Por el Sur: La cuenca del Tambopata (U.H. 46644) y la Intercuenca Medio Bajo de Dios (U.H.46643).
Por el Oeste: La Cuenca de las Piedras (U.H. 46646), Cuenca del Medio Alto Madre de Dios (U.H. 46647).

En el caso de la Cuenca Medio Bajo Madre de Dios tiene como límites:
Por el Norte: Cuencas del Tahuamanu (U.H. 4662).
Por el Este: La Intercuenca Medio Bajo de Dios (U.H. 46643). Por el Sur: La cuenca del Tambopata (U.H. 46644).
Por el Oeste: La Cuenca de las Piedras (U.H. 46646), Cuenca del Medio Madre de Dios (U.H. 46645) y la cuenca del Tambopata (U.H. 46644).

En el caso de la Cuenca Tambopata tiene como límites:
Por el Norte: Cuencas Medio Alto Madre de Dios (U.H. 46647) y la cuenca del Inambari (U.H. 46648).
Por el Este: La Intercuenca Medio Bajo de Dios (U.H. 46643) y la cuenca del Tambopata (U.H. 46644).
Por el Sur: La cuenca del Inambari (U.H. 46644).
Por el Oeste: La Cuenca del Inambari (U.H. 46648).

En el caso de la Cuenca Inambari tiene como límites:
Por el Norte: Cuenca Alto Madre de Dios (U.H. 46649).
Por el Este: Cuenca del Tambopata (U.H. 46644).
Por el Sur: La cuenca Azángaro (U.H. 019) y la cuenca Suches (U.H. 0172).
Por el Oeste: La Cuenca Urubamba (U.H. 4994) y la cuenca del Alto Madre de Dios (U.H. 46649).

2.2.3. Demarcación Política

La Cuenca del río Madre de Dios, políticamente comprende 03 Gobiernos Regionales. El territorio del Gobierno Regional de Madre de Dios, prácticamente en su integridad (96%), se encuentra en el ámbito de la cuenca, una tercera parte del Gobierno Regional de Puno (32%) y una octava parte del Gobierno Regional de Cuzco (12%). La superficie total es de 111,933 km².

Las superficies y porcentajes de cada una de las unidades hidrográficas y Gobiernos Regionales comprendidos, se muestran en el Cuadro N° 2.3.

Cuadro N° 2.3: Ámbito de las Unidades Hidrográficas

Autoridad Administrativa del Agua Madre de Dios
Unidades Hidrográficas y Ámbitos Político Administrativos comprendidos

Autoridad Administrativa del Agua				Gobiernos Regionales			Unidades Hidrográficas						
Cod.	Nombre	Área		Nombre	Área			Cod.	Nombre	Área			
		(Km ²)	Nac. %		(Km ²)	AAA %	GR %			(Km ²)	AAA %	GR %	UH-GR %
13	Madre de Dios	111 932,7	9	Cusco	8 625,5	8	12	46648	Cuenca Inambari	4 778,4	4	7	24
								46649	Intercuenca Alto Madre de Dios	3 847,2	3	5	11
								Subtotal		8 625,5	8	12	
				Madre de Dios	80 233,3	72	96	4662	Cuenca Orthon	15 190,2	14	18	100
								46643	Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios	3 596,7	3	4	64
								46644	Cuenca Tambopata	5 858,5	5	7	44
								46645	Intercuenca Medio Madre de Dios	133,9	0	0	100
								46646	Cuenca De Las Piedras	18 943,3	17	23	100
								46647	Intercuenca Medio Alto Madre de Dios	1 603,8	1	2	100
								46648	Cuenca Inambari	1 789,7	2	2	9
								46649	Intercuenca Alto Madre de Dios	30 625,0	27	36	89
				49269	Intercuenca Alto Acre	2 492,4	2	3	100				
				Subtotal		80 233,3	72	96					
				Puno	23 073,9	21	32	46643	Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios	2 045,1	2	3	36
								46644	Cuenca Tambopata	7 422,0	7	10	56
								46648	Cuenca Inambari	13 606,8	12	19	67
				Subtotal		23 073,9	21	32					
				TOTAL		111 932,7							

Fuente: ANA-DCPRH-OHCEO -2009

2.2.4. Demarcación Administrativa

La cuenca del río Madre de Dios, administrativamente forma parte de la XIII Autoridad Administrativa del Agua - Madre de Dios (AAA). La región Madre de Dios representa el 72% de la AAA, Puno el 21% y Cuzco el 8%. En la actualidad, la Administración Local de Agua Maldonado es la que ejerce jurisdicción sobre la zona de estudio.

El Cuadro N° 2.4 muestra los límites de la AAA Madre de Dios:

Cuadro N° 2.4: Autoridades Administrativas de Agua vecinas

Punto	Autoridad Administrativa del Agua
Oeste	Autoridad Administrativa N°XII - Urubamba - Vilcanota
Norte	Autoridad Administrativa N°IX - Ucayali
Sur	Autoridad Administrativa N°XIV - Titicaca

2.3. ACCESIBILIDAD - VIAS DE COMUNICACIÓN

La cuenca del río Madre de Dios tiene vías de acceso terrestre, aéreo y fluvial. Por medio terrestre, las principales vías de acceso son los tramos de la Carretera Interoceánica que vienen del departamento de Cusco por la ruta de Urcos – Ocongate – Marcapata – Quincemil – Mazuko – Puerto Maldonado - Brasil y del departamento de Puno, por el tramo Juliaca – Olaechea – Macusani – San Gabán – Inambari – Mazuko – Puerto Maldonado – Brasil, así como del vecino país de Brasil, desde los estados de Rondonia – Acre – Assis, luego Iñapari – Iberia – Puerto Maldonado, en Perú.

Por medio aéreo, ha sido el más empleado desde la creación del Departamento de Madre de Dios y, hasta antes de la construcción de la carretera comprendía

una regular red de aeródromos en diversas localidades de la Cuenca. En la actualidad el aeropuerto más importante se encuentra en la ciudad de Puerto Maldonado, la cual tiene una frecuencia promedio de 4 vuelos diarios.

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, el Inambari destaca también, por ser una ruta comercial importante en la zona minera de Mazuco y Huapetuhe; otro río importante es el Tambopata, que comunica los poblados selváticos del departamento de Puno con Puerto Maldonado, finalmente otros ríos importantes que sirven para la comunicación de poblados nativos son Las Piedras, Los Amigos, Tahuamanu, Manuripe, etc.

2.4. ASPECTOS SOCIO - ECONOMICOS

La Cuenca del río Madre de Dios, es una de las más grandes del territorio nacional (111,933 km²), y comprende territorialmente parte de las regiones de Madre de Dios, Cuzco y Puno, esta amplitud territorial con diferentes características geofísicas alberga una importante población de diversos matices culturales, sociales y económicos, como pobladores de la llanura amazónica de Madre de Dios, poseedores de una gran riqueza cultural así como también pobladores de zonas alto andinas de las regiones de Cuzco y Puno, gente pujante con gran predisposición a las actividades comerciales.

Estos diversos grupos humanos, habitantes de las partes alta, media y baja de la Cuenca, han desarrollado a través del tiempo complejas relaciones entre sí estrechamente ligadas al territorio que ocupan, realizando diversos tipos de actividades económicas, teniendo como resultado una serie de impactos positivos en el desarrollo económico de la región, pero también impactos negativos desde el punto de vista ambiental, por lo cual es necesario entonces una debida planificación de la utilización de los recursos naturales, que permita desarrollar económicamente a la región de una forma permanente y sobre todo en armonía con el medio ambiente.

2.4.1. Población y densidad regional

La Cuenca de Madre de Dios no se caracterizó en la antigüedad de ser una región que albergue gran cantidad de habitantes, a decir verdad, los únicos grupos poblados estaban concentrados en poblaciones establecidas en la parte alto andina de la Cuenca, en las regiones de Cuzco y Puno. Es recién a partir de finales del siglo XIX que por el auge del caucho comienza la colonización de la parte baja de la cuenca, en el llano Amazónico.

Es a lo largo del siglo XX, que la Cuenca del río Madre de Dios, debido al desarrollo de actividades como la forestal y minera aurífera, experimenta un fenómeno migratorio importante, no solo de gente proveniente de Provincias altiplánicas de Puno, sino también gente andina de Cuzco, Apurímac, Arequipa y un grupo importante de migrantes provenientes de la selva central y norte del país.

Para determinar la población total de la cuenca del río Madre de Dios, según el XI censo de población del 2007, se tomó en cuenta toda la población de la región de Madre de Dios con sus tres provincias, Carabaya y Sandia, en Puno, y en el Cusco, todo la población de los distritos de Camanti, Marcapata, Kosñipata y la parte rural de Paucartambo, y todos ellos suman 267,004 habitantes.

El Cuadro N° 2.5 muestra el estimado poblacional y la densidad de las provincias de las tres regiones que integran la Cuenca de Madre de Dios.

Por la densidad demográfica (3.86 hab/km²), la cuenca se convierte en una de las menos pobladas a nivel nacional, pero también en una de las más dinámicas en términos de incremento de población, con cerca del 3.5% de tasa de crecimiento anual. Se observa que la parte alta de la cuenca, las provincias de Paucartambo, Carabaya y Sandia, son las más pobladas, y el distrito de Camanti, junto los distritos de Tahuamanu y Manu (parte baja), la menos poblada. Por otro lado la población regional es predominantemente joven, característica peculiar de las zonas emergentes de colonización, y al mismo tiempo, el peso de la población masculina es bastante alta, reflejo parcial del patrón de migración temporal de la población masculina altoandinas hacia las zonas auríferas y madereras.

Cuadro N° 2.5: Población y Densidad de la Cuenca del río Madre de Dios

Población estimada según datos del Censo INEI 2007 de las provincias y distritos que forman parte de la cuenca del Madre de Dios					
Departamento	Provincia	Distrito	Población	Area Km ²	Densidad ha/Km ²
Madre de Dios	Tambopata	Todos	78,523	35,939	2.18
Madre de Dios	Tahuamanu*	Todos	10,742	15,873	0.68
Madre de Dios	Manu	Todos	20,290	28,722	0.71
Puno	Carabaya	Todos	73,946	10,458	7.07
Puno	Sandia	Todos	62,147	12,469	4.98
Puno	San Antonio de Putina	Sina	1,472	466	3.16
Cusco	Quispicanchi	Camanti	2,073	3,351	0.62
Cusco	Quispicanchi	Marcapata	4,520	1,311	3.45
Cusco	Paucartambo	Kosñipata	4,790	3,269	1.47
Cusco	Paucartambo	Paucartambo (rural)	8,501	596	14.26
Total			267,004	112,456	3.86
* Abarca solo el area de la cuenca del Madre de Dios, no la Provincia					
Fuente: Elaboración Propia					

2.4.2. Aspectos Demográficos de la Cuenca

En la Cuenca del río Madre de Dios se han registrado las mayores tasas de crecimiento durante los últimos 67 años, no obstante de haber tenido un decrecimiento en el último censo, pasando de 0.1%, en el período 1940-61,

a 5.7% en el período 1981-93, y a 3.5% durante el periodo 1993-2007. Últimamente, a partir del inicio de la construcción de la Carretera Interoceánica Sur, se registra mayor dinamismo demográfico y económico en Puerto Maldonado, convirtiéndola en una nueva ciudad emergente en el contexto nacional.

Existen ciertas anomalías en cuanto a lo que dice el censo y lo que refleja la ciudad, por ejemplo, la población de Huapetuhe según el último censo es de 6,978 habitantes, pero según el Puesto de Salud y la Municipalidad se estima en 30,000 habitantes, convirtiéndola en la segunda ciudad más poblada después de Puerto Maldonado. Es obvio que la actividad minera, sobre todo la informal, atrae a muchos trabajadores, sin embargo esto es temporal.

2.4.3. Aspectos Sociales

El incremento significativo de la población, debido a procesos migratorios, está concentrado fundamentalmente en las actividades auríferas y de servicios en Puerto Maldonado. La primera actividad origina problemas de cambios en el paisaje, remoción y movimientos masivos de tierras y diversas manifestaciones de procesos sociales; la segunda actividad, por el crecimiento exponencial de la urbe genera igualmente diversas manifestaciones de problemas sociales. Estos problemas, junto con la extracción selectiva y masiva de maderas, eliminación de terrenos con manchales de “castaña” con fines agropecuarios, así como con la contaminación de los cuerpos de agua por la explotación del oro, y los signos de pobreza, conforman la problemática ambiental central de esta parte de la zona sur de la Amazonía. La deforestación parece ser poco significativa todavía (menos del 5% de la cuenca), sin embargo, en comparación a otras áreas de la Amazonía, presenta un alto potencial de incremento ante la fuerte presión de la población inmigrante. La existencia de más de tres millones de habitantes ubicados principalmente de las zonas alto andinas de las regiones del Cusco, Abancay y Puno con problemas de déficit de tierras y pobreza, el gran potencial forestal, turístico, aurífero y petrolero regional y la vigencia de grandes proyectos carreteros, constituyen los factores que pueden agudizar los problemas sociales y ambientales actuales en la zona sur de la Amazonía Peruana.

También se remarca que la construcción de la Carretera Interoceánica Sur, como parte del Programa “Integración de la Infraestructura Regional Suramericana” (IIRSA), está generando una fuerte presión de colonos andinos, por el frente de San Gabán (Puno) y, de colonos brasileños por el frente de Iñapari.

2.4.4. Agricultura

En términos generales la agricultura tiene poco desarrollo. En la parte alta se tiene agricultura de subsistencia a excepción de Sandía, que ha sido catalogada por tener el mejor café orgánico del mundo. En la parte baja o llano amazónico, la mayoría siembra cultivos tradicionales como arroz, maíz, plátano, yuca, frijol y cacao, de los cuales, el 60% es para

autoconsumo y 40% para venta en el mercado local. Los terrenos fluctúan entre una y cinco hectáreas. Se trata de una agricultura bastante tradicional, dependiente casi exclusivamente del clima (secano) y sin mayor tecnología moderna, como se muestra en el Cuadro N° 2.6 donde la producción de pasto *Brachearia* supera largamente a los cultivos en la región de Madre de Dios.

Cuadro N° 2.6: Principales Cultivos a Secano la Región Madre de Dios

	Cultivo	Siembra (ha)	Cosecha (ha)	Produccion (Tn)
1	Arroz Cascara	4,201.50	4,094.50	6,810.47
2	Brachearia	1,385.00	14,794.00	622,366.20
3	Caña de azucar	0.00	7.00	282.50
4	Cocona	8.00	18.25	127.22
5	Camote	24.95	22.31	167.74
6	Cocotero	1.75	48.25	488.84
7	Copuazu	55.00	14.25	24.10
8	Frijol G Seco	212.00	205.00	168.54
9	Lima	0.00	52.65	434.98
10	Limon	0.25	64.65	486.76
11	Maiz A. Duro	4,567.50	4,525.25	9,360.02
12	Maiz Choclo	50.00	40.00	243.40
13	Mandarina	0.75	55.95	419.02
14	Mango	0.50	31.75	291.10
15	Naranja	1.50	97.70	817.63
16	Palta	2.75	41.50	325.43
17	Papaya	18.75	155.50	1,564.87
18	Pijuayo	1.00	81.00	597.73
19	Piña	15.20	113.90	1,241.27
20	Platano	484.50	982.50	10,610.00
21	Sandia	25.50	23.75	308.59
22	Uncucha	44.35	44.80	350.81
23	Yuca	718.60	745.70	8,277.00
24	Zapallo	6.50	6.45	67.88
	TOTAL	11,825.85	26,266.61	665,832.09
Fuente: Direccion Regional Agraria MDD 2009				

En la parte baja, solo existe un canal de riego rústico que agrupa a un Comité de Regantes llamado La Perla del Jayabe, ubicado en el km 120 de la Carretera Interoceánica, que se dedica al cultivo de arroz principalmente, en una extensión de 20 has aproximadamente, la mayoría venden a Puerto Maldonado. La Administración Local de Aguas Maldonado viene apoyando en sus gestiones.



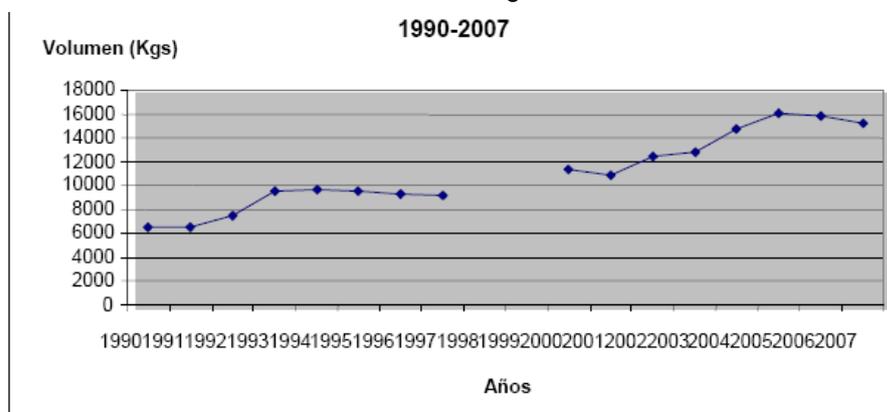
Foto N° 2.1: Cultivo de Arroz en Jayabe, se observa el canal en la parte derecha.

2.4.5. Minería

Aun cuando la explotación del oro en Madre de Dios data de la época del incanato, su extracción en forma continua sólo se viene dando desde los años 30 y 40.

La evolución de la producción de oro en Madre de Dios en el período 1990-2007 que se ilustra en el Gráfico 2.2, que indica un crecimiento de los volúmenes de producción de oro a lo largo de 15 años hasta el año 2005, donde se alcanzó volúmenes cercanos a las 16 TM anuales de oro extraído en la región, manteniéndose en los dos últimos años en alrededor de las 15 TM anuales.

Gráfico N° 2.2: Producción de Oro en la Región de Madre de Dios



Fuentes: INEI. Compendio Estadístico Departamental 1997-1998 [1990-1997]
Dirección Regional de Energía y Minas de Madre de Dios. [2000-2007]

El patrón de aprovechamiento de tierras y aguas en la extracción de oro ha experimentado modificaciones en las dos últimas décadas, siendo la tendencia actual el empleo de maquinaria pesada y potentes dragas para remover suelos y sedimentos acuosos para extraer oro. El volumen total de oro extraído, en un 77%, procede de la provincia del Manu, lo que corresponde claramente a las cuencas de los ríos Huapetuhe y Caichive y la de los ríos Puquiri y Colorado.

Se han venido promulgando leyes con el fin de contrarrestar esta actividad tan contaminante. En el gobierno del presidente Alejandro Toledo se dio una ley para formalizar a los Mineros artesanales y pequeños, pero no fue bien aceptada por ser muy ambientalista; hubieron muchos conflictos entre mineros auríferos y Comunidades Nativas (CCNN), y se implementó una comisión de concertación encabezado por el Ejecutivo donde se resolvió abrir nuevamente las áreas tituladas de dichas comunidades para la presentación de nuevos petitorios mineros, teniendo preferencia los indígenas o mineros previamente inscritos en los respectivos padrones. Esta situación ha puesto a las CCNN en la misma situación de antes, debido a que muchos indígenas y también mineros empadronados no han logrado hacer uso de su derecho preferencial por diversos motivos; de otro lado, porque en las instancias normativas sectoriales, han aparecido terceros peticionando derechos mineros dentro de las referidas áreas tituladas de CCNN.

La ubicación espacial de la minería aurífera se describe a continuación:

- Parte de las porciones de las cabeceras de los ríos Huasoroco y Cupodnoe, afluente del río Karene (Colorado) y todo el tramo de éste hasta Boca Colorado, incluyendo las comunidades Nativas de Puerto Luz y San José del Karene.
- La mayor parte de los afluentes en las cabeceras del río Pukiri y todo el curso de este hasta su desembocadura en el río Karene, incluyendo la comunidad nativa de Barranco Chico, e incluye, el nuevo conglomerado de sitios de extracción aurífera conocido como Delta.
- El río Madre de Dios, en ambas márgenes, desde Boca Colorado hasta la comunidad nativa de Tres Islas, incluyendo las comunidades nativas de Shiringayoc, Boca del Inambari y el Centro Poblado Laberinto.
- Las subcuencas de los ríos Caichive y Huapetuhe, son las más densamente poblada de extractores auríferos.
- El río Inambari, en todo su tramo dentro de Madre de Dios, en ambas márgenes (incluye unidades agropecuarias dispersas, principalmente entre Mazuko y Puerto Carlos, mas las de Santa Rita Baja, Santa Rita Alta y quebrada Jayabe). Incluye las nuevas ubicaciones de extracción minera entre la margen derecha del río Inambari hacia la carretera Mazuko-Puerto

Diagnóstico Hidrológico de la Cuenca Madre de Dios

Maldonado, destacando el tramo Nueva Arequipa-Guacamayo pero también otros al oeste de esta ubicación.

- El tramo de la carretera entre Puente Inambari, Mazuko y las Quebradas Seca y 2 de Mayo, incluyendo la comunidad nativa de Villa Santiago y los caseríos agropecuarios Villa Santiago y Avispa.
- El río Manuani, desde sus cabeceras hasta su desembocadura en el río Malinowski.
- El río Malinowski, desde sus cabeceras hasta su desembocadura en el río Tambopata, en ambas márgenes, incluyendo la comunidad nativa de Kotsimba.
- El tramo del río Madre de Dios, desde la Comunidad Nativa Tres Islas, aguas abajo, hasta Puerto Pardo, en ambas márgenes.
- Nuevos sitios abiertos a la minería aurífera en la parte baja de los ríos De las Piedras y Pariamanu.

En el cuadro N° 2.7 se muestra que existe más de 2000 concesiones y 5600 km² que representa más del 45% del área de la cuenca.

El Cuadro N° 2.7: Concesiones Mineras en la Cuenca del río Madre de Dios.

CONSESIONES MINERAS				
DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	Nº Conseciones	Area (ha)
Madre de Dios	Tambopata	Las Piedras	131.00	30,178.12
Madre de Dios	Tambopata	Laberinto	504.00	114,749.82
Madre de Dios	Tambopata	Inambari	744.00	199,529.13
Madre de Dios	Manu	Huaypethue	409.00	76,796.51
Madre de Dios	Manu	Madre de Dios	566.00	132,540.20
Madre de Dios	Tahuamanu	Iberia	1.00	100.00
Cusco	Quispicanchi	Camanti	2.00	1,000.00
Puno	Carabaya	Ayapata	10.00	2,000.00
TOTAL			2,367.00	556,893.78

Fuente: Dirección Regional de Energía y Minas de Madre de Dios 2009

2.4.6. Energía

De acuerdo al XI Censo Nacional de Población y VI de Vivienda del 2007, las viviendas con alumbrado eléctrico en el departamento de Madre de Dios comprende el 68.3%, Cusco el 64.4% y Puno el 57.5%. Mientras estos valores son inferiores al promedio nacional que ubica la electricidad en el 74.1% de los casos, al interior de la Madre de Dios, se observan diferencias: en la provincia del Manu la electricidad sólo cubre el 45% de los casos. En la provincia de Tahuamanu la electricidad llega al 63.2% de los casos; y en la provincia de Tambopata la electricidad es mayor 74.8%. En Puno, en la provincia de Sandía y Carabaya comprende el 44% y 43.7%

respectivamente. En Cusco en los distritos de Kosñipata 60.5%, Marcapata 43.1%, Camanti 3.9%.

La provisión de energía eléctrica en Madre de Dios se basa en el sistema interconectado desde la Central Hidroeléctrica de San Gabán (Puno) a la ciudad de Puerto Maldonado, continua por el distrito de Planchón las Piedras, y hasta el presente estudio, se encuentra en el centro poblado de Alerta en la provincia del Tahuamanu. Se prevé que para finales del año 2010 la interconexión llegará hasta Ñapari, pasando por Iberia.

Existen pequeñas centrales hidroeléctricas en Salvación, provincia del Manu, y otro tanto en la Comunidad Nativa Shintuya. La información sobre el servicio público de energía eléctrica corresponde a la Empresa de Generación Eléctrica del Sur (Egesur) para la ciudad de Puerto Maldonado y Electro Sur para las ciudades de Ñapari e Iberia.

Se encuentra en proceso de ejecución el tendido de torres para cables de alta tensión hacia Huapetuhe, y luego, hacia Boca Colorado. El costo promedio por consumo con el sistema interconectado es de S/ 0.20 Kw/h.

Está en estudios la construcción de la Presa Inambari, ubicado a la altura del Puente Inambari, esta sería la mayor central hidroeléctrica del País con una generación de energía eléctrica de 5000 MW.

2.4.7. Agua Potable/Servicio de Alcantarillado

Según los datos del XI Censo Nacional de Población y VI de Vivienda del 2007, el abastecimiento de agua potable por categorías refleja que en la provincia de Tambopata, la red pública de agua potable dentro de las viviendas alcanza un 50.3% de los casos; otras categorías de importancia, corresponden al acceso de agua potable mediante red pública fuera de la vivienda pero dentro del edificio (23.3%). El acceso de agua mediante pozos es poco significativo (12% de los casos).

En cambio, en la provincia del Manu, el acceso de agua mediante red pública domiciliaria representa solo el 20.1% de los casos, siendo importante el abastecimiento de agua de ríos y manantiales (36% de los casos) y mediante pozos (19% de los casos). En el caso de la provincia de Tahuamanu, el acceso de agua mediante red pública dentro de la vivienda corresponde al 20.4% de los casos. Asimismo, en esta provincia el acceso de agua mediante pozos es importante (43% de los casos), equivalente al acceso mediante red pública. El acceso a agua de ríos y manantiales solo corresponde al 13% de los casos. En la provincia de Sandía y Carabaya es mayor la red pública fuera de la vivienda pero dentro de la edificación los cuales equivale al 9.5% y 15% respectivamente.

En Puerto Maldonado el servicio de agua potable es brindado por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tambopata (EMAPAT). El sistema comprende en una planta de tratamiento de agua potable con sedimentador, de una capacidad de 55 l/s y dos reservorios elevados, de 3,250 m³ y 1,500 m³. Las conexiones domiciliarias de agua

potable en Puerto Maldonado bordean las 8,771. Se comercializa 1,6 MMC anuales de agua potable. Un 39% del volumen total de agua potable distribuida facturada fue perdida en el 2004 (no se logró cobrar).

El sistema de alcantarillado para la conducción de desechos y aguas pluviales es insuficiente en toda la cuenca. En la región de Madre de Dios solo un 23.8% cuenta con una red pública de desagüe dentro de la vivienda y la mayoría se encuentran en Puerto Maldonado, que bordean las 5141 conexiones. Muchos de estos canales de evacuación datan de muchos años y han colapsado, por otro lado los nuevos canales colectores no tienen un diseño adecuado, en épocas de lluvias se originan aniegos de considerables proporciones, especialmente en asentamientos humanos ubicados en terrazas bajas. En la parte de Puno y Cuzco es mayormente a través de letrinas con cerca de 26%.

2.5. ECOLOGIA

La variada geografía así como la gran extensión de la Cuenca del río Madre de Dios está reflejada en veintiséis zonas de vida, que están distribuidas desde la parte alto andina de Puno y Cuzco hasta el llano Amazónico de Madre de Dios.

Las características de cada zona de vida han sido obtenidas de la guía explicativa del Mapa Ecológico del Perú, publicado por el ex Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA, Edición 1994.

La descripción de cada zona de vida se detalla a continuación, y se muestra en el Mapa Ecológico (Mapa N° 2 del Anexo I).

a) Nival Subtropical, NS.

Se encuentra generalmente arriba de los 5000 msnm, a lo largo de los andes. En la Cuenca de Madre de Dios lo encontramos en la cordillera de Carabaya y en la parte alto andina de Cuzco. La biotemperatura media anual generalmente se encuentra por debajo de 1.5°C, y el promedio de precipitación total anual por año a menudo variable entre 500 y 1000 mm.

La configuración topofisiográfica es abrupta y constituida por suelos netamente líticos, peñascosos y rocosos, prácticamente no existe cubierta edáfica.

Las únicas formas de vida existente son algas que crecen encima de la nieve misma, así como minúsculos líquenes que crecen sobre las rocas de color oscuro en los límites inferiores del nival y muy cerca a la tundra.

b) bosque húmedo – Montano Bajo Subtropical, bh-MBS.

Se encuentra entre los 1800 y 3000 msnm, la biotemperatura media anual es de 14.1 °C, (Mollepata-Cuzco) y la media anual mínima de 12.4°C (Ollaachea-Puno), el promedio máximo de precipitación total por año es de 1063 mm. (Mollepata-Cuzco) y el promedio mínimo de 992 mm. (Huchibamba –Cuzco).

Según el diagrama de Holdridge, estas zonas de vida tiene un promedio de evapotranspiración potencial total por año variable entre la mitad (0.5) y una

cantidad igual (1) al volumen promedio de precipitación total por año, lo que ubica a estas zonas de vida en la provincia de humedad: HUMEDO.

El relieve topográfico es predominantemente inclinado, con escasas áreas de topografía suave, ya que su mayor proporción se sitúa sobre las laderas de los valles interandinos. Los suelos son por lo general de profundidad media de textura variable entre media y fina, de pH sobre 7 y dependiendo mucho del material litológico dominante.

En la cuenca del Madre de Dios una localidad importante que se encuentra en esta zona de vida es Sandia en Puno.

c) bosque húmedo – Subtropical, bh-S.

En la Cuenca de Madre de Dios esta zona de vida se encuentra entre los 150 y 250 msnm y se distribuye en el penillano Amazónico o selva baja, en la zona baja de los ríos Manuripe, Piedras, Madre de Dios y Tambopata.

La biotemperatura media anual máxima es de 24.5°C (Iñapari – Madre de Dios) y la media anual mínima de 18.4 °C (Vilcabamba – Cuzco), el promedio máximo de precipitación total por año es de 1959 mm. (Huyro – Cuzco) y el promedio mínimo de 1200 mm. (Vilcabamba – Cuzco).

Según el diagrama bioclimático de Holdridge la biotemperatura media anual varía entre 24°C y 25.5°C y el promedio de precipitación total por año entre 1800 y 2000 mm. Tiene además un promedio de evapotranspiración potencial total por año variable entre la mitad (0.5) e igual (1.0) al promedio de precipitación total por año, lo que ubica a estas zonas de vida en la provincia de humedad: HUMEDO.

El relieve topográfico presenta una configuración colinada predominantemente. El escenario edáfico es bastante variado y por lo general, está constituido por suelos profundos de textura media a pesada y ácidos, donde hay influencia de materiales calcáreos o calizos, aparecen suelos un tanto más fértiles y de pH más elevado.

En la Cuenca del Madre de Dios las ciudades más importantes que se encuentran en esta zona de vida son Puerto Maldonado y Planchón.

d) bosque húmedo – Subtropical / bosque húmedo – Tropical, bh-S/bh-T.

Transición entre bosque húmedo – Subtropical, bh- S y bosque húmedo – Tropical, bh-T.

En la Cuenca del Madre de Dios las ciudades más importantes que se encuentran en esta zona de vida son Puerto Maldonado, Iberia e Iñapari.

e) bosque húmedo – Subtropical / bosque muy húmedo – Subtropical, bh – S/bmh – S.

Transición entre bosque húmedo – Subtropical bh – S y bosque muy húmedo – Subtropical, bmh – S.

En la Cuenca del Madre de Dios las ciudades más importantes que se encuentran en esta zona de vida es Boca Colorado y ocupa la mayor extensión de la cuenca, con 27241.2 Km².

f) bosque húmedo – Tropical, bh – T.

La distribución de esta zona de vida es amplia y tipifica la denominada selva baja, por debajo de los 350 msnm.

Las formaciones transicionales según el diagrama de Holdridge se ha estimado que tienen las siguientes características bioclimáticas:

El bosque húmedo – Tropical transicional a bosque muy húmedo – tropical, tiene una biotemperatura media anual variable entre 25.5°C y 26.5°C y un promedio de precipitación total por año variable entre 3500 y 3800 mm.

El bosque húmedo – Tropical transicional a bosque muy húmedo – Subtropical, tiene una biotemperatura media anual variable entre 22.5°C y 24°C y un promedio de precipitación total por año variable entre 2300 y 2600 mm.

El bosque húmedo – Tropical transicional a bosque húmedo – Premontano Tropical, tiene una biotemperatura media anual variable entre 22.5°C y 24°C y un promedio de precipitación total por año variable entre 2150 y 2250 mm.

Esta zona de vida según el diagrama bioclimático de Holdridge tiene una evapotranspiración potencial total por año variable entre la mitad (0.5) e igual (1.0) al promedio de precipitación total por año, lo que ubica a esta zona de vida en la provincia de humedad: Húmedo.

En la cuenca del Madre de Dios se encuentra en la cabecera del río Tahuamanu.

g) bosque muy húmedo – Montano Bajo Subtropical, bmh – MBS.

Esta zona de vida se distribuye por lo general en el flanco oriental de los andes entre 1900 y 3000 msnm, llegando a veces hasta 3200 metros de altitud.

La biotemperatura media anual es de 15.2°C y el promedio total por año de 1889.5 mm. (Referencia, Estación Climatológica Machupicchu – Cuzco).

Según el diagrama bioclimático de Holdridge, se estima que tiene un promedio de evapotranspiración potencial total por año variable entre la cuarta parte (0.25) y la mitad (0.5) del promedio de precipitación total por año, lo que las ubica en la provincia de humedad: PERHUMEDO.

El relieve topográfico es muy accidentado, con pendientes que sobrepasan 7% y muchas áreas de fuerte disectamiento. Los suelos son poco profundos, es decir superficiales, donde predominan los Litosoles ya sean éutricos o dístricos, según

el predominio de materiales calcáreos o no calcáreos, así como formas transicionales pertenecientes a los Cambisoles (éutricos o dístricos).

h) bosque muy húmedo – Montano Subtropical, bmh – MS.

Esta zona de vida se distribuye en la región cordillerana desde los 2800 hasta cerca de los 3800 msnm.

La biotemperatura media anual es de 10.8°C (Referencia, Estación Antabamba - Apurímac), el promedio máximo de precipitación es de 1694 mm. (Referencia, Estación Sina – Puno) y el promedio mínimo de 1008 mm. (Referencia Estación Taquile – Puno).

Según el diagrama de Holdridge, se ha estimado que esta zona de vida tiene un promedio de evapotranspiración potencial total por año variable entre la cuarta parte (0.25) y la mitad (0.5) del promedio de precipitación total por año, lo que la ubica en la provincia de humedad: PERHUMEDO.

El relieve topográfico es por lo general accidentado con laderas fuertes sobre 60%. El escenario edáfico presenta, por lo general, suelos un tanto ácidos, relativamente profundos, de textura media y pesada, con tonos rojizos o pardos y que se asimilan al grupo edafogénico de los Phaeozems y algunas formas de Luvisoles. Así mismo se encuentran Cambisoles dístricos (poco fértiles) y éutricos (fértiles), estos últimos donde predominan materiales de naturaleza calcárea. Completan el cuadro edáfico los Litosoles y otras formas de suelos superficiales.

i) bosque muy húmedo – Premontano Tropical, bmh – PT.

Altitudinalmente, se sitúan entre los 600 y 2000 msnm, para selva alta y entre los 200 y 400 msnm, para selva baja. La biotemperatura media anual máxima estimada es de 25.6°C y la media anual mínima estimada es de 18.5°C, el promedio máximo de precipitación total por año estimado es de 4376 mm y el promedio mínimo de 2193 mm.

De acuerdo al diagrama de Holdridge, esta zona de vida tiene una biotemperatura media anual que varía entre 24°C y 25.5°C y un promedio de precipitación total por año variable entre 3000 y 3500 mm.

La configuración topográfica es generalmente abrupta con gradientes sobre 7% muy susceptibles a la erosión, el molde edáfico está representado por suelos generalmente ácidos.

En la cuenca del río Madre de Dios ocupa una mínima parte.

j) bosque muy húmedo – Premontano Tropical / bosque húmedo – Tropical, bmh – PT/bh – T.

Transición entre bosque muy húmedo – Premontano Tropical, bmh – PT y bosque húmedo – Tropical, bh – T.

En la cuenca del río Madre de Dios ocupa una mínima parte.

k) bosque muy húmedo – Subtropical, bmh – S.

Se encuentra a la misma altura del bosque muy húmedo Premontano Tropical. La biotemperatura media anual máxima es de 23.4°C (Pilcopata-Cuzco) y la media anual mínima de 20.2°C (Tambopata – Puno), el promedio máximo de precipitación total por año es de 3374.7 mm. (Tambopata – Puno).

De acuerdo al diagrama de Holdridge, esta zona de vida tiene una biotemperatura media anual que varía entre 17°C y 22.5°C y un promedio de precipitación total por año variable entre 4000 y 4500 mm.

La configuración topográfica es igual que el bosque muy húmedo – Premontano Tropical.

En la cuenca del río Madre de Dios ocupa una gran parte de la cuenca.

l) bosque muy húmedo – Subtropical / bosque pluvial – Subtropical, bmh – S/bp – S.

Transición entre bosque muy húmedo – Subtropical, bmh – S y bosque pluvial – Subtropical, bp – S.

m) bosque pluvial – Montano Bajo Subtropical, bp – MBS y bosque pluvial – Montano Bajo Tropical, bp – MBT.

Estas zonas de vida se localizan entre los 1600 y 1900 msnm, llegando a altitudes máximas de 2300 – 2600 metros, en la parte media de la zona que se denomina “Ceja de montaña”.

El bosque pluvial – Montano Bajo Tropical, tiene un promedio de precipitación total por año de 3915 mm. (Referencia, Estación Carpath – Huánuco), y la biotemperatura media anual, estimada de acuerdo al diagrama de Holdridge, varía entre 12°C y 17°C.

En el bosque pluvial – Montano Bajo Subtropical, las características bioclimáticas han sido estimadas en base al diagrama de Holdridge, con una temperatura media anual que varía entre 12°C y 17°C y el promedio de precipitación total por año varía entre 4000 y 8000 mm. Esta zona es casi despreciable para el área de estudio.

Para ambas zonas de vida, según el diagrama de Holdridge, tienen un promedio de evapotranspiración potencial total por año variable entre las octava (0.125) y la cuarta parte (0.25) del promedio de precipitación total por año, lo que las ubica en la provincia de humedad: SUPERHUMEDO.

La configuración topográfica es extremadamente accidentada, formada por laderas con declives que sobrepasan el 70%, prácticamente sin tierras de topografía suave.

El escenario edáfico está conformado por Litosoles (suelos delgados), seguidos de Cambisoles éutricos y dístricos según predominen materiales calcáreos o no, así como suelos de naturaleza ácida, de tonos rojo amarillos friables caolínificas pertenecientes a los Acrisoles órticos.

n) bosque pluvial – Montano Subtropical, bp – MS y bosque pluvial – Montano Tropical, bp – MT.

Estas zonas de vida geográficamente se distribuyen ocupando vertientes orientales de los Andes, emplazados entre los 5°00' y 12°15' de latitud sur para la zona de vida bosque pluvial – Montano Tropical y 12°15' hasta 14°35' de latitud sur para la zona de vida bosque pluvial – Montano Subtropical. Altitudinalmente se extiende desde 2500 hasta cerca de 3800 msnm, ocupando las posiciones elevadas del flanco oriental andino, en la zona denominada “ceja de montaña”.

Según el diagrama de Holdridge la biotemperatura media anual varía entre 6°C y 12°C, el promedio de precipitación total por año varía entre 2000 y 4000 mm, y el promedio de evapotranspiración potencial total por año es variable entre la octava (0.125) y la cuarta parte (0.25) del promedio de precipitación total por año, lo que ubica a estas zonas de vida en la provincia de humedad: SUPERHUMEDO.

La configuración topográfica es predominantemente abrupta, predominando las laderas con declives que sobrepasan largamente el 75%, escarpes y un cordón de picos que conforman la cordillera oriental de los Andes. El escenario edáfico está constituido por suelos muy delgados (Litosoles) y posiblemente formas transicionales hacia los Cambisoles, ya sean éutricos o dístricos, según primen o no los materiales calcáreos.

El bp – MT es casi despreciable para el área de estudio.

o) bosque pluvial – Subtropical, bp – S. y bosque pluvial – Premontano Tropical, bp – PT.

Estas zonas de vida ocupan la porción inferior de las vertientes orientales de los Andes, entre 600 y 700 msnm, llegando a altitudes máximas de 2000 metros.

La biotemperatura media anual en el bosque pluvial – Subtropical es de 23.3°C (Quincemil – Cuzco), el promedio máximo de precipitación total por año es de 7162.4 mm (Quincemil – Cuzco) y el promedio mínimo de 6608.3 mm (San Gabán – Puno).

En el bosque pluvial – Premontano Tropical, la biotemperatura media anual es de 24.4°C y el promedio de precipitación total por año es de 5661 mm. (Referencia Estación Yurac – Loreto). Esta zona ocupa una mínima parte de la cuenca.

Según el diagrama de Holdridge, estas zonas de vida tienen una evapotranspiración potencial que varía entre la octava (0.125) y la cuarta parte

(0.25) del promedio de precipitación total por año, lo que las ubica en la provincia de humedad: SUPERHUMEDO.

El relieve topográfico es accidentado, con laderas sobre 70% de gradiente y de naturaleza inestable y deleznable. El escenario edáfico está conformado por suelos delgados o superficiales (Litosoles), seguidos de Cambisoles éutricos y dístricos según el predominio o no de materiales calcáreos así como Acrisoles órticos (suelos ácidos de tonos rojo amarillos y arcillas friables de naturaleza caolinítica).

Una localidad importante en esta zona de vida es Quincemil en el cusco, que es considerada la zona de mayor precipitación a nivel nacional.

p) bosque pluvial semisaturado – Montano Bajo Subtropical, bps – MBS.

Esta zona de vida se ubica exclusivamente en la vertiente oriental de los andes, entre los 12°20' y los 12°45' de Latitud sur, conformando parte de la cuenca del río Palotoa, afluente del río Alto Madre de Dios. La altitud varía entre 1500 y 2700 msnm.

La biotemperatura media anual calculada según el diagrama de Holdridge varía entre 12°C y 17°C, el promedio de precipitación total varía entre 8000 y 16000 mm, y el promedio de evapotranspiración potencial total por año es variable entre un dieciseisavo (0.0625) y la octava parte (0.125) del promedio de precipitación total por año, lo que ubica a esta zona de vida en la provincia de humedad: SEMISATURADO.

La configuración topográfica es muy accidentada, conformada por laderas pendientes que sobrepasan el 75% de declive, así como barrancos y picos abruptos. Los deslizamientos de tierra son frecuentes en esta zona de vida debido a las condiciones topográficas dominantes. El escenario edáfico está conformado por suelos delgados (Litosoles) y formaciones puramente líticas.

q) bosque pluvial semisaturado – Montano Subtropical, bps – MS.

Se localiza entre los 12°21' y 12°45' de latitud sur y con altitud que varía entre 2500 y 3500 msnm.

La biotemperatura media anual según Holdridge varía entre 6°C y 12°C, el promedio de precipitación total por año varía entre 4000 y 8000 mm, y el promedio de evapotranspiración potencial total por año es variable entre un dieciseisavo (0.0625) y la octava parte (0.125) del promedio de precipitación total por año, lo que ubica a esta zona de vida en la provincia de humedad: SEMISATURADO.

La topografía es abrupta a base de laderas de extrema gradiente sobre 75%, siendo frecuentes los derrumbes o deslizamientos de tierras. El patrón edáfico está constituido por suelos muy delgados (Litosoles) hasta formaciones puramente líticas cuando emerge la roca viva.

r) bosque pluvial semisaturado – Subtropical, bps – S.

Esta zona de vida se extiende en la vertiente oriental boscosa andina a niveles altitudinales máximos de 1800 msnm.

Las características bioclimáticas han sido estimadas en base al diagrama de Holdridge, La biotemperatura media anual varía entre 17°C y 24°C, el promedio de precipitación total por año varía entre 8000 y 16000 mm. Finalmente el promedio de evapotranspiración potencial total por año es variable entre un dieciseisavo (0.0625) y la octava parte (0.125) del promedio de precipitación total por año, lo que ubica a esta zona de vida en la provincia de humedad: SEMISATURADO.

La topografía y fisiografía es accidentada, con gargantas y laderas de fuerte declive sobre 75%. Son frecuentes los derrumbes o deslizamientos de tierra, en especial durante la época de lluvias. El molde edáfico está constituido por suelos generalmente superficiales e inestables y en su mayoría ácidos, pertenecientes al grupo de los Litosoles, así como formas transicionales asimilables a los Cambisoles.

s) páramo muy húmedo – Subalpino Subtropical, pmh – SaS.

Geográficamente ocupan parte oriental de los Andes entre los 3900 y 4500 msnm.

La biotemperatura media anual máxima es de 6.9°C (Referencia Estación Llalli – Puno) y la media anual mínima, de 4.6°C (Referencia Estación Caylloma – Arequipa). El promedio máximo de precipitación total por año es de 1,088.5mm (Referencia Estación Isla Soto - Puno) y el promedio mínimo de 513.4 mm (Referencia Estación Putaccasa - Ayacucho).

Según el diagrama de Holdridge, la evapotranspiración potencial total por año para esta zona de vida se ha estimado que varía entre la cuarta parte (0.25) y la mitad (0.5) del promedio de precipitación total por año, lo que la ubica en la provincia de humedad: PERHUMEDO.

La topografía está definida por áreas bastante extensas, suaves a ligeramente onduladas y colinadas, con laderas de moderado a fuerte declive hasta presentar en muchos casos afloramientos rocosos.

El escenario edáfico está conformado por suelos relativamente profundos, de textura media, ácidos, generalmente con influencia volcánica (Paramo Andosoles) o sin influencia volcánica (Paramosoles). Donde existe predominio de materiales calcáreos, aparecen los Cambisoles éutricos y Rendzinas. Completan el cuadro edáfico suelos de mal drenaje (Gleysoles), suelos orgánicos (Histosoles), y Litosoles (suelos delgados).

Esta zona se encuentra entre el límite de cuenca, es casi insignificante para la zona de estudio.

t) páramo pluvial - Subalpino Subtropical, pp – SaS.

Geográficamente se extiende a lo largo de la cordillera oriental desde los 6°45' hasta 15°00' de latitud sur y dentro de 3900 y 4500 msnm.

La biotemperatura media anual máxima es de 5.2°C (Macusani –Puno) y la media anual mínima de 3.9°C (Referencia, Estación Cuenca de Lagunillas – Puno), el promedio máximo de precipitación total por año es de 1342.4 mm. (Referencia Estación Cuenca de Lagunillas – Puno) y el promedio mínimo de 828.7 mm. (Macusani –Puno).

Según el diagrama bioclimático de Holdridge, tiene un promedio de evapotranspiración potencial total por año que varía entre la octava (0.125) y la cuarta parte (0.25) del promedio de precipitación total por año, lo que las ubica en la provincia de humedad: SUPERHUMEDO.

La configuración topográfica es variada, desde suave y colinada hasta quebrada. El cuadro edáfico está conformado por suelos medianamente profundos, de textura media, con un horizonte superficial A bastante conspicuo, negro y ácido por lo general, con influencia volcánica (Páramo Andosoles) o escasa o ninguna influencia piroclástica (Paramosoles). Completan el escenario edáfico, los Litosoles en pendientes inclinadas y donde emerge la roca viva (formaciones líticas). En las áreas depresionadas húmedas, dominan los Gleysoles alto andinos e Histosoles (suelos orgánicos).

Una localidad importante en la cuenca es la ciudad de Macusani en Puno.

u) páramo pluvial semisaturado - Subalpino Subtropical, pps – SaS.

Esta zona de vida se localiza sobre la zona de bosque pluvial – Montano Subtropical, en la cima de las estribaciones de los Andes Orientales sobre los 3500 y 3800 msnm Para la zona del estudio es casi despreciable.

Según Holdridge la biotemperatura media anual varía entre 3°C y 6°C, el promedio de precipitación total varía entre 2000 y 4000 mm, y el promedio de evapotranspiración potencial total por año es variable entre un dieciseisavo (0.0625) y la octava parte (0.125) del promedio de precipitación total por año, lo que ubica a esta zona de vida en la provincia de humedad: SEMISATURADO.

v) tundra pluvial – Alpino Subtropical, tp – AS.

Esta zona de vida se encuentra entre los paralelos 12°45' y 16°00' de latitud sur, geográficamente ocupa una franja inmediata inferior del piso Nival, entre los 4300 y 5000 msnm.

La biotemperatura media anual máxima es de 3.2°C (Referencia Estación Túnel Cero – Huancavelica) y la media anual mínima de 2.5 °C (Referencia Estación Accnacochoa – Huancavelica). Según el diagrama de Holdridge el promedio de evapotranspiración potencial total por año varía entre la octava (0.125) y la cuarta parte (0.25) del promedio de la precipitación total por año, lo que las ubica en la provincia de humedad: SUPERHUMEDO.

El relieve topográfico es generalmente accidentado, variando a colinado y ondulado, este último, propio del modelaje glacial principalmente. El escenario edáfico está constituido por los Paramosoles (suelos de naturaleza ácida y con un horizonte A oscuro, rico en materia orgánica), Páramo Andosoles, cuando dominan los materiales volcánicos o piroclásticos y Litosoles en aquellas áreas de fuerte gradiente y naturaleza peñascosa o rocosa. En donde existen depresiones y problemas de drenaje, aparecen Gleysoles altoandinos e Histosoles (suelos orgánicos).

2.6. COBERTURA VEGETAL

En el llano amazónico, las formas vegetales corresponden a árboles vigorosos, con troncos y fustes bien conformados, gruesos de Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) que superan los 100 cm y copas amplias. En general, la vegetación está caracterizada por las comunidades o asociaciones vegetales con dominancia de árboles vigorosos, dominancia de hierbas y arbustos y/o palmales adaptados a los terrenos pantanosos, comunidades con presencia y dominancia de “paca” *Guadua sp* denominadas “pacales” en asociaciones densas o puras y mixtas, bosques de piedemonte subandino, y los bosques achaparrados y matorrales de montañas. En general, representan la etapa madura, estable o clímax, en la sucesión ecológica (series de vegetación), y son muy variables en su aspecto, hábitat y composición florística.

Las especies de las comunidades vegetales adyacentes a los centros poblados, como la “castaña” y “shiringa”, y también las comunidades de pacales “densos o puros”, constituyen un potencial paisajístico y turístico considerable. Similarmente, los portes grandes y robustos de árboles de “shihuahaco” *Dipteryx odorata* y “ana caspi” *Apuleia leiocarpa*, son potenciales elementos del turismo por los DAP ≥ 100 cm, la forma y ornamenta plaqueada de las cortezas, como las formas de las copas. La “copaiba” *Copaifera paupera*, con resina aceitosa que al tajo rezuma en abundancia, es una potencialidad económica industrial y farmacéutica. La diversidad epifitas (bromeliáceas, orquídeas, aráceas, líquenes y musgos), asociadas a las especies herbáceas y arbustivas (de matorrales) de los substratos rocosos de las montañas, también son importantes en la aplicación de la cultura de especies ornamentales.

El estado de conservación del conjunto de vegetación en el contexto de bosque es bueno; sin embargo es importante a tomar en cuenta las implicancias locales en el sector de la extracción aurífera, así como la Carretera Interoceánica Iñapari - Puerto Maldonado - Santa Rosa (Cercano a Mazuco, Zona fronteriza con Cuzco y Puno), en la sinergia para la deforestación. En una selección preliminar se tiene 59 especies endémicas para la región, que comparte con otros departamentos montañosos; de ellas, 17 se encuentran solamente en Madre de Dios.

Según el estudio de la Macrozonificación Ecológica Económica de Madre de Dios (Macro ZEE MDD) realizado el 2009, se ha caracterizado 22 formaciones vegetales naturales y un complejo de vegetación conformado por los cultivos de

periodo vegetativo corto, pastizales, frutales y vegetación sucesional de regeneración o “purmas”. Entre las formaciones naturales, las comunidades adyacentes a los ríos y las pantanosas, están en peligro de desaparición por las actividades agropecuarias aceleradas; también las sabanas de Pampas del Heath, por las inadecuadas aplicaciones en el manejo.

Cuadro N° 2.8: Sinopsis de las formaciones vegetales según la estructura y fisonomía de las comunidades vegetales, en la región Madre de Dios.

Gran paisaje	Comunidades/Estructura y fisonomía		Adaptaciones ecológicas	Tipo de formaciones	
Vegetación natural	Especies pioneras y colonizadoras, herbáceas, arbustivas y arbóreas		Expuestos de inundaciones anuales	Comunidades sucesionales de aguas blancas (01). Bosques densos de planicies inundables (02)	
	Dominancia de especies hidromórficas.	Árboles medianos dispersos	Adaptados a los pantanos y suelos con drenaje deficiente	Comunidades pantanosas arbóreas (renacales y palmeras) (03)	
		Herbazales densos y arbustos		Comunidades pantanosas herbáceo-arbustivas (04). Complejo de sabanas de Pampas del Heath (05)	
		Palmeras gigantes		Comunidades de palmeras Mauritia aguajales (06).	
	Dominancia de bambúes “pacas” o asociaciones mixtas con árboles dispersos.	Comunidades puras de bambúes	Adaptadas a las inundaciones estacionales, planicies	Pacales densos en planicies inundables (07)	
				Adaptadas a tierra firme, planicies	Pacales densos en planicies (08). Pacales densos en colinas (09).
					Adaptados a montañas y laderas de montañas
		Comunidades mixtas de bambúes con árboles dispersos	Adaptadas a las inundaciones estacionales.	Pacales mixtos asociados con árboles dispersos en planicies inundables (12).	
				Adaptadas a tierra firme	Pacales mixtos asociados con árboles dispersos en planicies (13). Pacales mixtos asociados con árboles dispersos de colinas (14).
					Adaptados montañas y laderas de montañas
		Dominancia de especies, arbóreas y arbustivas	Comunidades de árboles grandes y frondosos	Comprenden la llanura amazónica	
					Comprenden el piedemonte subandino
			Comunidades de árboles medianos a arbustos	Comprenden las montañas andinas	

2.7. SUELOS

La clasificación de tierras está establecida de acuerdo a su Capacidad de Uso Mayor y por los Grupos de Suelos. Para la primera, se ha tomado en cuenta el Reglamento de Clasificación de Tierras y sus ampliaciones realizadas por la ex Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN); y para la segunda, el estudio de Macro ZEE MDD, el cual ha llegado a diferenciar 58 series entre asociaciones y consociaciones.

2.7.1. Capacidad de Uso Mayor de Suelos (CUM)

El estudio de Clasificación de las Tierras del Perú, realizado por ONERN en agosto de 1982, determinó la superficie por cuenca hidrográfica de los grupos de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras. La interpretación técnica o práctica de los suelos, se siguió a lo establecido por el Reglamento de Clasificación de Tierras (D.S. N° 0062-75-AG), que fue actualizada por el Decreto Supremo N° 017-2009-AG, el cual define los siguientes grupos de Capacidad de Uso Mayor.

Tierras Aptas para Cultivo en Limpio (Símbolo A)

Reúnen condiciones ecológicas que permiten la remoción periódica y continuada del suelo para el sembrío de plantas herbáceas y semiarbusivas de corto período vegetativo, bajo técnicas económicamente accesibles a los agricultores del lugar, sin deterioro de la capacidad productiva del suelo, ni alteración del régimen hidrológico de la cuenca. Estas tierras por su alta calidad agrológica podrán dedicarse a otros fines (cultivo permanente, pastoreo, producción forestal y protección), cuando en esta forma se obtenga un rendimiento económico superior al que se obtendría de su utilización con fines de cultivo en limpio o cuando el interés social del Estado lo requiera.

Esta área representa solo el 4% de la cuenca.

Tierras Aptas para Cultivo Permanente (Símbolo C)

Son aquellas cuyas condiciones ecológicas no son adecuadas a la remoción periódica (no arables) y continuada del suelo, pero que permiten la implantación de cultivos perennes, sean herbáceas, arbustivos o arbóreos (frutales principalmente); así como forrajes, bajo técnicas económicamente accesibles a los agricultores del lugar, sin deterioro de la capacidad productiva del suelo, ni alteración del régimen hidrológico de la cuenca. Estas tierras podrán dedicarse a otros fines (pastoreo, producción forestal y protección), cuando en esta forma se obtenga un rendimiento, económico superior al que se obtendría de su utilización con fines de cultivo permanente o cuando el interés social del Estado lo requiera. También representa el 4% de la cuenca.

Tierras Aptas para Pastos (Símbolo P)

Son las que no reúnen las condiciones ecológicas para cultivo en limpio o permanente, pero que permiten su uso continuado o temporal para el

pastoreo, bajo técnicas económicamente accesibles a los agricultores del lugar, sin deterioro de la capacidad productiva del recurso, ni alteración del régimen hidrológico de la cuenca. Estas tierras podrán dedicarse para otros fines (producción forestal o protección), cuando en esta forma se obtenga un rendimiento económico superior al que se obtendría de su utilización con fines de pastoreo o cuando el interés social del Estado lo requiera. Aquí se observa un 11% del área de la cuenca.

Tierras Aptas para Producción Forestal (Símbolo F)

No reúnen las condiciones ecológicas requeridas para su cultivo o pastoreo, pero permiten su uso para la producción de maderas y otros productos forestales, siempre que sean manejados en forma técnica para no causar deterioro en la capacidad productiva del recurso, ni alterar el régimen hidrológico de la cuenca. Estas tierras podrán dedicarse a protección cuando el interés social y económico del Estado lo requiera. Estas tierras representan la mayor aptitud de la zona que representa un 45% de la cuenca, actualmente se tiene cerca de 80 concesiones de madera y están ubicadas mayormente en la Intercuenca Alto Acre, Tahuamanu y Piedras.

Tierras de Protección (Símbolo X)

No reúnen las condiciones ecológicas mínimas requeridas para cultivo, pastoreo o producción forestal. Se incluyen dentro de este grupo: picos, nevados, pantanos, playas, cauces de río y otras tierras que aunque presenta vegetación natural boscosa, arbustiva o herbácea, su uso no es económico, deben ser manejados con fines de protección de cuencas hidrográficas, vida silvestre, valores escénicos, científicos, recreativos y otros que impliquen beneficio, colectivo o de interés social. Aquí se incluyen los Parques Nacionales y reservas de Biosfera. Dentro del ámbito de la cuenca, se encuentran 3 parques nacionales, 1 reserva comunal y 1 reserva nacional, lo cual hace que esta aptitud sea muy representativa con un 36% del área de la cuenca.

Cuadro N° 2.9: Clasificación de las Tierras por CUM por cuencas

Cuenca Hidrográfica	Cultivo en Limpio		Cultivo Permanente		Pastos		Producción Forestal		Protección		Total
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
De las Piedras	127,400.00	6.52	124,000.00	6.35	193,900.00	9.93	1,445,800.00	74.03	61,900.00	3.17	1,953,000.00
Tambopata	68,900.00	5.10	45,800.00	3.39	26,000.00	1.92	387,900.00	28.72	822,200.00	60.87	1,350,800.00
Inambari	22,100.00	1.10	1,800.00	0.09	88,000.00	4.42	298,300.00	15.00	1,580,300.00	79.39	1,990,500.00
Alto Madre de Dios	11,100.00	1.44	7,400.00	0.96	0.00	0.00	75,600.00	9.84	674,400.00	87.76	768,500.00
Intercuenca Madre de Dios	212,400.00	4.22	269,200.00	5.34	873,100.00	17.33	2,780,000.00	55.18	903,400.00	17.93	5,038,100.00
TOTAL	441,900.00	3.98	448,200.00	4.04	1,181,000.00	10.64	4,987,600.00	44.93	4,042,200.00	36.41	11,100,900.00

Fuente: Clasificación de las Tierras del Perú. ONERN. 1982

2.7.2. Grandes Grupos de Suelos

Según el estudio de Macro ZEE MDD, taxonómicamente se han identificado cinco órdenes de suelos Entisoles, Inceptisoles, Histosoles, Alfisoles y Ultisoles; de las cuales se determinaron 8 subórdenes, 11 grandes grupos de suelo. Edáficamente se identificaron 47 series de suelos divididos en 29 consociaciones y 18 asociaciones de suelos, además se ha reconocido una unidad de áreas misceláneas. Como se muestra en el cuadro N° 2.10 y 2.11.

Cuadro N° 2.10: Clasificación natural de los suelos de la Región Madre de Dios

SOIL TAXONOMY (1998)				SERIE
Orden	Sub Orden	Gran grupo	Subgrupo	
Entisol	Fluvents	Udifluvents	Typic Udifluvents	Dique, Basin, Inundable, Tahuamanu, Wicungo, Inambari, Botafogo, Pacae, Isla, Manu
	Orthents	Udorthents	Typic Udorthents	Oceanía
			Lithic Udorthents	Rellano, Isula, Pacasmayo, Agreb, Piña, Gamitana, Aguano
	Psamments	Udipsamments	Lithic Udipsamments	Mazuco,
Inceptisol	Udepts	Dystrudepts	Typic Dystrudepts	Pardo, Iberia, Gris, Shiringayoc, Shintuya, Cigarra, Mansilla, Helecho
			Aquic Dystrudepts	Shimbillo, Agua Negra, Ungurahui,
			Lithic Dystrudepts	Cantos Rodados
		Eutrudepts	Lithic Eutrudepts	Itahuanía
	Aquepts	Epiequepts	Fluventic Eutrudepts	Shapaja, Motelo
			Typic Epiequepts	Charcal, Aguajal, Bonanza
		Endoaquepts	Aeric Epiequepts	Citulli
			Typic Endoaquepts	Sarayacu
Histosol	Fibrists	Haplofibrists	Hydric Haplofibrists	Aguajal II, Aguajal III
Alfisol	Udalfs	Hapludalfs	Typic Hapludalfs	Noaya, Madereros, Castañal, Maldonado
			Ultic Hapludalfs	Iñapari
Ultisol	Udults	Hapludults	Typic Hapludults	Primavera, Camión, Alerta, Carretera, Cumbre, Topa, Progreso, Loboyoc Loero, Puerto Azul, Delta III, Cantera,
		Rhodudults	Typic Rhodudults	Villa Rocío,

Diagnóstico Hidrológico de la Cuenca Madre de Dios

Cuadro N° 2.11: Consociaciones y asociaciones de suelos del área de estudio

Suelo	Soil Taxonomy
Consociación	
Oceania	Typic Udorthents
Pardo	Typic Dystrudepts
Iberia	Typic Dystrudepts
Charcal	Typic Epiaquepts
Iñapari	Ultic Hapludalfs
Noaya	Typic Hapludalfs
Primavera	Typic Hapludults
Gris	Typic Dystrudepts
Aguajal I	Hidric Haplofibrists
Loboyoc	Typic Hapludults
Aguajal II	Hidric Haplofibrists
Inambari	Typic Udifluvents
Cantos Rodados	Lithic Dystrudepts
Citulli	Aeric Epiaquepts
Progreso	Typic Hapludults
Agua Negra	Fluvaquentic Eutrudepts
Sarayacu	Typic Endoaquepts
Loero	Typic Hapludults
Botafogo	Typic Udifluvents
Pacae	Typic Udifluvents
Pacasmayo	Lithic Udorthents
Shintuya	Typic Dystrudepts
Cigarra	Typic Dystrudepts
Itahuania	Lithic Eutrudepts
Isla	Typic Udifluvents
Puerto Azul	Typic Hapludults
Delta II	Typic Hapludults
Cantera	Typic Hapludults
Misceláneo	Misceláneo

Asociación	
Shiringayoc - Villa Rocio (60 - 40%)	Typic Dystrudepts - Typic Rodhuds
Camión - Madereros (60 - 40%)	Typic Hapludults - Typic Hapludalfs
Charcal - Aguajal (60 - 40%)	Typic Epiaquepts - Typic Epiaquepts
Dique - Basín (60 - 40%)	Typic Udifluvents - Typic Udifluvents
Tahuamanu - Inundable (60 - 40%)	Typic Udifluvents - Typic Udifluvents
Alerta - Castañal (60 - 40%)	Typic Hapludults - Typic Hapludalfs
Iberia - Alerta (60 - 40%)	Typic Dystrudepts - Typic Hapludults
Wicungo- Shimbillo (60 - 40%)	Typic Udifluvents - Aquic Eutrudepts
Isula – Rellano (60 - 40%)	Lithic Udorthents - Lithic Udorthents
Mazuco - Cumbre (60 - 40%)	Lithic Udipsamments - Typic Hapludults
Topa - Sarayacu (60 - 40%)	Typic Hapludults - Typic Endoaquepts
Progreso - Misceláneo (60 - 40%)	Typic Hapludults – Misceláneo
Shapaja - Shimbillo (60 - 40%)	Fluventic Eutrudepts - Aquic Eutrudepts
Agreb - Piña (60 - 40%)	Lithic Udorthents - Lithic Udorthents
Gamitana - Aguano (60 - 40%)	Lithic Udorthents - Lithic Udorthents
Mansilla - Helecho (60 - 40%)	Typic Dystrudepts - Typic Dystrudepts
Ungurahui - Bonanza (60 - 40%)	Aquic Dystrudepts - Typic Epiaquepts
Motelo - Manu (60 - 40%)	Fluventic Eutrudepts - Typic Udifluvents

CONSOCIACIONES DE SUELOS

Es una Unidad Cartográfica que tiene un solo componente edáfico en forma dominante, las inclusiones que completan la unidad pueden ser similares al

componente edáfico, en cuyo caso no afectan la unidad, o pueden ser diferentes pero no deben ser mayores del 15%.

A continuación se describen las Unidades Cartográficas delimitadas en el Mapa de Suelos de la Macro ZEE MDD, así como las Unidades Taxonómicas que las conforman:

1. Consociación Oceanía (Typic Udorthents).

Cubre una superficie de 5 614 ha, conformada por suelos derivados de materiales aluviónicos antiguos predominados principalmente por arenas y limos depositados sobre estratos arcillosos grisáceos. Ubicadas fisiográficamente en terrazas medias y altas de relieve plano a ligeramente inclinado (0 – 4%). Son suelos de fertilidad natural de media a baja. Están situados en la margen izquierda del río Tahuamanu entre Oceanía y la frontera con Bolivia.

2. Consociación Pardo (Typic Dystrudepts)

Cubre una superficie de 12 182 ha, conformada suelos derivados de materiales aluviónicos subrecientes. Ubicadas en terrazas medias de relieve plano a ligeramente ondulado. Por sus limitaciones de suelo son de fertilidad baja.

3. Consociación Iberia (Typic Dystrudepts)

Abarca una superficie de 140 138 ha. Son suelos desarrollados de materiales del Terciario conformado por lutitas y areniscas arcillosas de matices rojos, mayormente. Se distribuye ampliamente entre la quebrada de Noaya y la localidad de Iberia, ubicadas en colinas bajas ligeramente disectadas y lomadas con pendientes entre 8 y 25%. Son suelos de bajo contenido de materia orgánica y de fósforo, alto de potasio.

4. Consociación Charcal (Typic Epiaquepts)

Abarca una superficie de 4 186 ha. Desarrollados sobre materiales aluviales finos de origen subreciente, depositados fundamentalmente por el río Tahuamanu. Fisiográficamente se ubican en terrazas bajas con inundaciones periódicas o eventuales. Son suelos muy superficiales con desarrollo genético incipiente, mal drenados, muy arcillosos de color pardo grisáceo oscuro a gris claro, con moteaduras pardo rojizos. Son suelos de fertilidad natural baja.

5. Consociación Iñapari (Ultic Hapludalfs)

Abarca una superficie de 7 731 ha. Agrupa suelos originados a partir de sedimentos aluviales antiguos de topografía plana ubicada en terrazas altas y medias. Son suelos de fertilidad natural baja.

6. Consociación Noaya (Typic Hapludalfs)

Abarca una superficie de 21530 ha. Agrupa suelos originados a partir de sedimentos del terciario constituida por areniscas finas y areniscas arcillosas de matices rojos. Se ubican en colinas bajas de ligera a moderadamente disectadas. Son suelos de fertilidad natural baja.

7. Consociación Primavera (Typic Hapludults)

Abarca una superficie de 4 324 ha. Son suelos desarrollados de materiales aluviales antiguos, depositados por el río Tahuamanu, principalmente situados en terrazas altas de relieve plano a ligeramente ondulado con pendientes de 0 a 4%

8. Consociación Gris (Typic Dystrudepts)

Están desarrollados sobre materiales aluviales subrecientes que estuvieron sometidos en épocas pasadas a condiciones de humedad permanentes. Fisiográficamente se ubica en terrazas medias de relieve plano a ligeramente inclinado así como en vallecitos intercolinosos, con pendientes menores al 4%. Cubre una superficie de 464 ha.

9. Consociación Aguajal I (Hidric Haplofibrists)

Está conformada por suelos de la Consociación Aguajal I. Fisiográficamente se ubica en vallecitos de quebradas de drenaje muy pobre. Cubre una superficie de 12 562 ha. Contiene alta cantidad de materia orgánica en la superficie (más de 62.6%), de reacción muy fuertemente ácida, con alto contenido de saturación de bases. Por las severas limitaciones de drenaje, la aptitud potencial de estos suelos es para protección.

10. Consociación Loboyoc (Typic Hapludults)

Están desarrollados sobre materiales residuales y aluviales antiguos. Fisiográficamente se ubican en terrazas altas fuertemente disectadas de relieve plano a fuertemente disectado, con pendientes menores al 4% y en las disecciones 25%; Cubre una superficie de 350 456 ha.

11. Consociación Aguajal II (Hidric Hapofibrists)

Está conformada por suelos de la Consociación Aguajal I. Fisiográficamente se ubica en terrazas bajas depresionadas de drenaje muy pobre adyacentes a los grandes ríos de la zona. Cubre una superficie de 34 324 ha.

Al igual que el suelo de la Consociación Aguajal I, este suelo está formado por un colchón de materia orgánica de más de 2 metros de profundidad y están saturados casi permanentemente de agua, de color pardo oscuro. Por las severas limitaciones de drenaje, la aptitud potencial de estos suelos es para protección.

12. Consociación Inambari (Typic Udifluvents)

Cubre una superficie aproximada de 68 841 ha. Originados a partir de materiales aluviales recientes. Se encuentran distribuidos en terrazas bajas de drenaje bueno a moderado, de relieve plano a ligeramente ondulado, con pendientes dominantes de 0% a 2 %. Su aptitud de uso es para cultivo en limpio, sin embargo, actualmente es la zona con mayor actividad minera en el río Pukiri.

13. Consociación Cantos Rodados (Typic Dystrudepts)

Cubre una superficie aproximada de 1 020 ha. Se encuentran distribuidos en terrazas medias ligera a moderadamente disectadas, con pendientes dominantes de 0% a 4%. Su aptitud de uso es para cultivo permanente, pasto y en pequeños porcentajes para producción forestal. Acá se encuentra ubicada la ciudad de Mazuko.

14. Consociación Citulli (Aeric Epiaquepts)

Desarrollados sobre materiales aluviales subcrecientes que estuvieron sometidos en épocas pasadas a condiciones de humedad permanente. Fisiográficamente se ubica en terrazas altas de relieves planos cóncavos, pendientes menores al 2%.

15. Consociación Progreso (Typic Hapludults)

Abarca una superficie de 150 309 ha. Agrupa suelos originados a partir de sedimentos aluviales antiguos de topografía plana ubicada en terrazas altas. Son suelos profundos a muy profundos, con desarrollo genético, bien drenados permeables, de color pardo rojizo a pardo oscuro, de textura media a moderadamente fina, a mayores profundidades presenta colores rojizos matizados con moteaduras de color gris pardo claro.

Son de reacción fuertemente a moderadamente ácida (pH 5.2 – 5.8), con bajo contenido de materia orgánica, bajo en fósforo y alto en potasio, la saturación de bases oscila entre 50 y 80%. Son suelos de fertilidad natural baja. Esta zona está representada actualmente por la zona minera de Guacamayo.

16. Consociación Agua Negra (Fluvaquentic Eutrudepts)

Abarca una superficie de 250 478 ha. Agrupa suelos originados a partir de sedimentos aluviales antiguos de topografía plana ubicada en complejo de orillares antiguo. Son suelos profundos a muy profundos, con desarrollo genético, imperfectamente drenados, impermeables, los colores varían de pardo grisáceo muy oscuro a gris claro en los primeros 50 cm., de pardo a pardo oscuro de los 50 cm. hacia los 140 cm., y textura media a moderadamente fina, presenta colores rojizos matizados con moteaduras de color gris pardo claro.

Son de reacción extremadamente a fuertemente ácida (pH 4.3 – 5.2), con alto contenido de materia orgánica, medio de fósforo y potasio. Son suelos de fertilidad natural baja media.

17. Consociación Sarayacu (Typic Edoaquepts)

Abarca una superficie de 19 172 ha. Agrupa suelos originados a partir de sedimentos aluviales antiguos de topografía plana ubicadas en Terrazas medias con drenaje muy pobre. Son suelos moderadamente profundos a profundos, con desarrollo genético, con drenaje muy pobre; los colores varían de gris claro en los primeros 20 cm a gris oscuro de los 20 cm hacia los 130 cm., y de textura media.

Son de reacción muy fuertemente ácida (pH 4.5), con contenido medio de materia orgánica y fósforo y bajo de potasio; en el horizonte superficial, la saturación de bases oscila entre 50 y 55%. Son suelos de fertilidad natural baja media.

18. Consociación Loero (Typic Hapludults)

Agrupar suelos originados a partir de sedimentos aluviales antiguos de topografía plana ubicadas en Terrazas altas de ligera a moderadamente disectada, son suelos profundos a muy profundos, con desarrollo genético y con perfiles Tipo ABC, con drenaje bueno a moderado; los colores varían de pardo fuerte a rojo amarillento; la textura varía de moderadamente gruesa a moderadamente fina.

Son de reacción extremadamente ácida (pH 4.3), con contenido bajo de materia orgánica, fósforo y de potasio disponible, la saturación de bases oscila entre 25 y 27%. Son suelos de fertilidad natural baja.

19. Consociación Botafogo (Typic Udifluvents)

Abarca una superficie de 23 082 ha. Agrupa suelos originados a partir de sedimentos fluviales recientes (islas) que son depositados anualmente en las terrazas bajas, de topografía plana y de drenaje bueno a moderado. Son suelos profundos a moderadamente profundos; sin desarrollo genético; de color pardo amarillento oscuro; textura media.

La reacción varía de muy fuertemente ácida a fuertemente ácida (pH 4.9 – 5.5); bajo contenido de materia orgánica, fósforo y potasio en todo su perfil. La aptitud potencial de estos suelos es para cultivos en limpio. Abarca gran parte de los causes del río Inambari y Pukiri que están siendo explotadas por la minería informal.

20. Consociación Pacae (Typic Udifluvents)

Abarca una superficie de 10 406 ha. Agrupa suelos originados a partir de sedimentos fluviales recientes (islas) que son depositados anualmente en las terrazas bajas, de topografía plana y de drenaje bueno a moderado. Son suelos profundos a moderadamente profundos; sin desarrollo genético; con matices de color que varían verticalmente de gris oliva oscura, parda oliva y oliva, a gris claro; textura varía de moderadamente gruesa a moderadamente fina.

La reacción varía de muy fuertemente ácida a fuertemente ácida (pH 4.6 – 5.3); bajo contenido de materia orgánica, fósforo y potasio en todo su perfil. Son para cultivos en limpio. Colinda con el cauce del río Alto Madre de Dios.

21. Consociación Pacasmayo (Lithic Udorthents)

Abarca una superficie de 32 703 ha (0.36%). Se ubica en laderas de Colinas altas fuertemente disectado, relieve muy accidentado, con pendientes moderadamente empinadas y extremadamente empinadas. Se distribuyen muy localmente, en áreas aledañas al río Salvación y de drenaje bueno a moderado.

Son suelos de fertilidad natural baja, siendo su limitación principal su profundidad efectiva y su pendiente. Son suelos aptos para Protección.

22. Consociación Shintuya (Typic Dystrudepts)

Abarca una superficie de 3 861 ha. Agrupa suelos originados a partir de sedimentos aluviales antiguos de topografía plana ubicadas en Terrazas altas de ligera a moderadamente disectada. Son suelos profundos a muy profundos, con desarrollo genético y con perfiles Tipo ABC, drenaje bueno a moderado.

Son de reacción extremadamente ácida a muy fuertemente ácida (pH 4.3-5.0), con contenido medio de materia orgánica en los horizontes superficiales y bajo de materia orgánica, fósforo y de potasio disponible a partir de los 30 cm de profundidad. Son suelos de fertilidad natural baja.

23. Consociación Cigarra (Typic Dystrudepts)

Abarca una superficie de 60 279 ha. Agrupa suelos originados a partir de sedimentos aluviales antiguos de topografía plana ubicadas en Colinas bajas de moderada a fuertemente disectadas. Son suelos moderadamente profundos, con desarrollo genético y con perfiles Tipo ABC, con drenaje bueno a moderado; los colores presentan matices que varían de pardo amarillento oscuro, pardo amarillento a gris claro; la textura varía de media a moderadamente gruesa.

La reacción varía de extremadamente ácida a muy fuertemente (pH 4.3-5.0), con contenido medio de materia orgánica en los horizontes superficiales y bajo de materia orgánica, fósforo y de potasio disponible a partir de los 30 cm de profundidad. Son suelos de fertilidad natural baja.

24. Consociación Itahuania (Lithic Eutrudepts)

Abarca una superficie de 2 736 ha. Agrupa suelos originados a partir de rocas sedimentarias de topografía accidentada ubicadas en colinas bajas de moderada a fuertemente disectadas. Son suelos moderadamente profundos, con desarrollo genético y con perfiles Tipo ABC, con drenaje bueno a moderado; los colores presentan matices que varían de pardo, pardo oscuro, pardo amarillento a amarillo parduzco; la textura varía de moderadamente gruesa a moderadamente fina.

La reacción varía de extremadamente ácida a muy fuertemente ácida (pH 4.3-4.8), con contenido medio de materia orgánica en el horizonte superficial y bajo de materia orgánica, fósforo y de potasio disponible a partir de los 12 cm de profundidad, la saturación de bases oscila entre 10 y 12%. Son suelos de fertilidad natural baja.

25. Consociación Isla (Typic Udifluvents)

Abarca una superficie de 4 815 ha. Agrupa suelos originados a partir de sedimentos fluviales recientes los que son depositados anualmente en las Islas y terrazas bajas recientes, de topografía plana y de drenaje bueno a moderado. Son suelos moderadamente profundos; sin desarrollo genético; de color pardo grisáceo muy oscuro variando a oliva; textura moderadamente gruesa.

De reacción moderadamente ácida (pH 5.9 – 6.0); bajo contenido de materia orgánica, fósforo y potasio en todo su perfil. Son suelos para cultivos en limpio. Abarca a todo el cauce del río Alto Madre de Dios.

26. Consociación Puerto Azul (Typic Dystrudepts)

Abarca una superficie de 218 139 ha. Agrupa suelos originados a partir de sedimentos aluviales antiguos de topografía plana, ubicadas en Terrazas altas de ligera a moderadamente disectada. Son suelos profundos a muy profundos, con desarrollo genético y con perfiles Tipo ABC, con drenaje bueno a moderado; con matices de colores que varían verticalmente de gris rosáceo, amarillento parduzco a gris claro; la textura varía de moderadamente gruesa a moderadamente fina.

La reacción varía de extremadamente ácida a muy fuertemente ácida (pH 4.2-4.9), con contenido bajo de materia orgánica, fósforo y potasio en todo el perfil. Son suelos de fertilidad natural baja.

27. Consociación Delta II (Typic Dystrudepts)

Abarca una superficie de 1 580 ha. Agrupa suelos originados a partir de sedimentos aluviales antiguos de topografía plana ubicadas en Terrazas altas moderadamente disectada. Son suelos profundos a muy profundos, con desarrollo genético y con perfiles Tipo ABC, con drenaje bueno a moderado; los colores varían de pardo oscuro a pardo amarillento; textura fina.

De reacción extremadamente ácida (pH 3.9-4.0), con contenido bajo de materia orgánica, fósforo y de potasio disponible en todo el perfil. Son suelos de fertilidad natural baja.

28. Consociación Cantera (Typic Hapludults)

Abarca una superficie de 117 876 ha. Agrupa suelos originados a partir de sedimentos aluviales antiguos de topografía plana ubicadas en Terrazas altas de ligera a moderadamente disectada.

Son suelos profundos a muy profundos, con desarrollo genético y perfiles Tipo ABC, con drenaje bueno a moderado; los colores varían de pardo amarillento a rojo amarillento; la textura varía de moderadamente fina a fina.

Son de reacción extremadamente ácida (pH 3.8 - 4.3), con contenido bajo de materia orgánica, fósforo y potasio disponible. Son suelos de fertilidad natural baja.

29. Unidades de Áreas Misceláneas.

Cubre una superficie aproximada de 12 148 ha. Son áreas que fisiográficamente corresponden a islas sin vegetación, playones, bancos de ríos de materiales gruesos y áreas intervenidas con actividad minera donde han removido todo el material de suelo. Por sus características y limitaciones, estas áreas están incluidas dentro de las tierras de protección.

ASOCIACIONES DE SUELOS

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 parental que da origen, indicándose el porcentaje o proporción, así como el patrón distributivo de suelos.

30. Asociación Shiringayoc – Villa Rocío

Cubre una superficie aproximada de 900 011 ha. Está conformada gran parte por los suelos de la Consociación Shiringayoc (60% de la asociación) y la Consociación Villa Rocío (40% restante). Se encuentran distribuidos en terrazas Altas de ligera a moderadamente disectadas, con pendientes dominantes de 0% a 4%. Su aptitud de uso es para cultivo permanente y pasto y en pequeño porcentajes para producción forestal y protección.

31. Asociación Camión – Madereros

Cubre una superficie aproximada de 1' 811 482 ha. Está conformada gran parte por los suelos de la Consociación Camión (60% de la asociación) y la Consociación Madereros (40% restante). Se encuentran distribuidos en colinas bajas de ligera a moderadamente disectadas, y en pequeña proporción, en colinas bajas fuertemente disectadas. Su aptitud de uso principal es para producción forestal, cultivo permanente y protección de las zonas que presenta pendiente pronunciadas. La fertilidad natural de los suelos es baja.

32. Asociación Charcal – Aguajal

Cubre una superficie aproximada de 1 052 ha. Está conformada gran parte por los suelos de la Consociación Charcal (60% de la asociación) y la Consociación Aguajal (40% restante). Se encuentran en las terrazas bajas del río Tahuamanu y son de drenaje imperfecto a pobre.

Estos suelos, por estar permanentemente saturados con agua no tienen ninguna utilidad para la agricultura, ganadería o uso forestal. Su uso está determinado para protección.

33. Asociación Dique – Basin

Cubre una superficie aproximada de 7 684 ha. Originados a partir de materiales aluviales recientes. Está conformada gran parte por los suelos de la Consociación Dique (60% de la asociación) y la Consociación Basin (40% restante). Se encuentran distribuidos en terrazas bajas de drenaje bueno a moderado, de relieve plano a ligeramente ondulada, con pendientes dominantes de 0% a 4%. Su aptitud de uso es para cultivo en limpio. La fertilidad natural de los suelos es baja.

34. Asociación Tahuamanu - Inundable

Cubre una superficie aproximada de 95 381 ha. Está conformada gran parte por los suelos de la Consociación Tahuamanu (60% de la asociación) e Inundable (40% restante). Se encuentran distribuidos en terrazas bajas de drenaje bueno a moderado, de relieve plano, con pendientes dominantes de 0% a 4%. Esta unidad se encuentra ubicada en ambas márgenes de los ríos Tahuamanu y

Acre. Su aptitud de uso es para cultivo en limpio con limitaciones por las inundaciones. La fertilidad natural de los suelos es de media a baja.

35. Asociación Alerta – Castañal

Cubre una superficie aproximada de 1' 930 562 ha. Está conformada gran parte por los suelos de la Consociación Alerta (60% de la asociación) y la Consociación Castañal (40% restante). Se encuentran en terrazas altas de ligera a fuertemente disectada y colinas bajas de ligera a moderadamente disectadas. Su aptitud de uso es para producción forestal y cultivo permanente.

36. Asociación Iberia - Alerta

Cubre una superficie aproximada de 12 160 ha. Está conformada gran parte por los suelos de la Consociación Iberia (60% de la asociación) y la Consociación Castañal (40% restante). Se encuentran en terrazas altas de ligera a fuertemente disectada; lomadas de cimas angostas y colinas bajas de ligera a moderadamente disectadas. Su aptitud de uso es para producción forestal, cultivo permanente y pastos.

37. Asociación Wicungo – Shimbillo

Comprende una superficie aproximada de 246 230 ha., derivados de depósitos aluviales recientes, situados en orillares y terrazas bajas de drenaje bueno a imperfecto, con pendientes de 0 – 2%, se encuentran a lo largo de los ríos Madre de Dios, Tambopata, Elías Aguirre y Malinowski, así como en los afluentes menores de estos ríos. Los suelos de esta asociación está conformada por el suelo Wicungo (60 %) y el suelo Shimbillo (40 %), que presentan drenaje imperfecto.

38. Asociación Isula - Rellano

Comprende una superficie aproximada de 199 031 ha., constituidos por suelos residuales, situados en laderas de montañas bajas y altas, que se encuentran predominantemente entre los ríos Alto Madre de Dios -Tambopata y la Cordillera de Carabaya, hacia el límite con Puno. Son de topografía moderadamente empinada a muy empinada. Esta asociación está conformada por el suelo Isula (60 %) y el suelo Rellano (40 %) y son superficiales a muy superficiales.

39. Asociación Mazuco - Cumbre

Comprende una superficie aproximada de 96 251 ha., constituidos por suelos residuales, situados en colinas altas fuertemente disectadas, que se encuentran predominantemente entre los ríos Alto Madre de Dios, Inambari y Tambopata. Son de topografía empinada a muy empinada. Esta asociación está conformada por el suelo Mazuco (60 %) y el suelo Cumbre (40 %) y son superficiales como en el caso del suelos de la Consociación Mazuco y profundos como el suelo de la Consociación Cumbre.

40. Asociación Topa - Sarayacu

Comprende una superficie aproximada de 227 062 ha., constituidos por suelos residuales, situados en terrazas altas con zonas de mal drenaje. Son de topografía plana a ligeramente inclinada. Esta asociación está conformada por el suelo Topa (60 %) y el suelo Cumbre (40 %) y son superficiales a moderada profundos.

41. Asociación Progreso - Misceláneo

Comprende una superficie aproximada de 4 852 ha., constituidos por suelos residuales, situados en terrazas altas fuerte a moderadamente disectadas, que se encuentran predominantemente entre el río Huapetuhe. Son de topografía ligeramente inclinada a moderadamente inclinada. Esta asociación está conformada por el suelo Progreso (60 %) y áreas misceláneas (40 %); el suelo Progreso es profundo a moderadamente profundo.

42. Asociación Shapaja - Shimbillo

Comprende una superficie aproximada de 14 351 ha, constituidos por suelos de origen fluviales subrecientes, situados en complejo de orillares y terrazas bajas, de drenaje bueno a moderado. Son de topografía plana. Esta asociación está conformada por el suelo Shapaja (60 %) y el suelo Shimbillo (40 %), son moderadamente profundos a profundos.

43. Asociación Agreb - Piña

Comprende una superficie aproximada de 477 295 ha., constituidos por suelos de origen fluviales subrecientes, situados en Laderas de montaña baja ocupando laderas de montaña y rellanos; drenaje bueno a moderado. Son de topografía montañosa. Esta asociación está conformada por el suelo Agreb (60 %) y el suelo Piña (40 %), son muy superficiales a superficiales.

44. Asociación Gamitana - Aguano

Comprende una superficie aproximada de 6 051 ha., constituidos por suelos de origen aluviales antiguos, situados en terrazas altas y medias; drenaje bueno a moderado. Son de topografía plana. Esta asociación está conformada por el suelo Gamitana (60 %) y el suelo Aguano (40 %), son superficiales a muy superficiales.

45. Asociación Mansilla - Helecho

Comprende una superficie aproximada de 170 203 ha., constituidos por suelos de rocas sedimentarias compuestos de areniscas y arcillitas, situados en colinas altas fuertemente disectadas; drenaje bueno a moderado. Son de topografía accidentada. Esta asociación está conformada por el suelo Mansilla (60 %) y el suelo Helecho (40 %), son profundos a moderadamente profundos.

46. Asociación Ungurahui - Bonanaza

Comprende una superficie aproximada de 141 221 has., constituidos por suelos de rocas sedimentarias compuestos de areniscas y arcillitas, situados en terrazas medias con zonas de mal drenaje. Son de topografía plana. Esta asociación está conformada por el suelo Ungurahui (60 %) y el suelo Bonanza (40 %), son moderadamente profundos.

47. Asociación Motelo - Manu

Comprende una superficie aproximada de 132 051 ha., constituidos por suelos de origen aluvial reciente rocas sedimentarias compuestos de areniscas y arcillitas, situados en terrazas bajas, drenaje bueno a moderado. Son de topografía plana. Esta asociación está conformada por el suelo Motelo (60 %) y el suelo Manu (40 %). Son suelos de una fertilidad natural media a baja.

2.8. GEOLOGIA

Los procesos geológicos ocurridos en el área de estudio se han producido en diferentes eras y periodos geológicos, generando diversos ambientes de sedimentación y eventos tectónicos. El análisis de estos procesos nos ha permitido definir dos unidades morfoestructurales relevantes, esto es, la Cordillera de los Andes y la Penillanura Amazónica. La clasificación de estas megaestructuras ha sido posible por las siguientes características:

- a) La Cordillera Andina: Como resultado de los diferentes procesos sedimentarios y tectónicos, que modelaron los relieves desde el Precámbrico (600 a 2000 millones de años) hasta la actualidad.
- b) La Penillanura Amazónica: tiene el comportamiento de una gran cubeta receptora de sedimentos provenientes de las partes altoandinas que se han ido acumulando desde el Terciario inferior.

Las unidades geológicas han sido clasificadas de acuerdo al análisis de la información existente, caracterizando los parámetros litoestratigráficos sedimentológicos, paleontológicos y cronoestratigráficos; en base a ello se han obtenido 24 unidades. Las unidades que afloran se han depositado desde el Paleozoico Inferior con una variada sedimentación marina y continental influenciada por la tectónica Hercínica, que originaba regresiones y transgresiones marinas, depositándose a través de ellas la Formación Ollantaytambo de edad Cambriana, Formación Sandia del Ordovícico, Formación Ananea y Grupo San José del Silúrico, Grupo Cabanillas del Devónico, Grupo Ambo y Tarma del Carbonífero Inferior, y Grupo Copacabana del Pérmico inferior. Cabe mencionar que en el interior de estos complejos, durante el Ordovícico superior se daba a un complejo intrusivo compuestos por granitos y monzogranitos, esencialmente.

Durante el Mesozoico, la actividad tectónica se manifiesta con intensidad, originando también constantes cambios en los ambientes de sedimentación, los cuales dieron lugar a la presencia de secuencias clásticas marinas y

transicionales del Grupo Oriente del Cretáceo inferior y marinas de naturaleza fundamentalmente calcárea de la Formación Chonta del Cretáceo medio.

En el Cenozoico la intensidad de la actividad tectónica disminuye y se origina una acelerada etapa denudativa, que origina la sedimentación de las capas rojas continentales de naturaleza pelítica y clástica, entre las que se encuentran las formaciones del Paleoceno, Távara y Quendque del Oligoceno, Charqui e Ipururo del Mioceno, Madre de Dios del Mío-Plioceno y Mazuco del Plioceno. Los cambios bioclimáticos se acentuaron durante este periodo y los procesos geodinámicos se intensificaron originando la sedimentación aluvial y aluvional de la Formación Maldonado, depositadas a principios del cuaternario, en el Pleistoceno Inferior. La erosión fluvial se acrecienta durante el Pleistoceno trayendo consigo sedimentos y que luego son depositados en las márgenes de los ríos. Este proceso continúa en la actualidad. Los yacimientos que alberga la cuenca, son de alto valor económico, pues existen diversas empresas petroleras que se encuentran prospectando, tanto en la provincia de Tambopata, en las proximidades de la Reserva Nacional Tambopata-Candamo y en la Reserva Comunal Amarakaeri. Asimismo, la presencia de oro aluvial, sobre todo en las zonas aluviales y en las terrazas antiguas de las formaciones cuaternarias (Huapetuhe y Boca Colorado).

2.9. RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES

El río Madre de Dios es el río, cuyos tributarios nacen en zonas montañosas y colinosas del flanco oriental de la Cordillera de los Andes del sur del Perú. Está formado por la unión de dos ríos que se originan en los Andes del sur del Perú: el río Manu, se originado en el sector oeste del ámbito del departamento y el río Alto Madre de Dios, que ingresa al departamento por su sector sur. Entre sus principales afluentes tenemos a los ríos Blanco, Chilihue, Colorado, Inambari, Tambopata, Palma Real y Heath, por su margen derecha, y los ríos Los Amigos, De las Piedras y Tahuamanu (se une en territorio Boliviano), por su margen izquierda. El río Madre de Dios es afluente del río Madeiras, el cual desemboca en la margen derecha del río Amazonas en territorio brasilero, y se considera que el aporte de agua que hace al río Amazonas es del 15% aproximadamente, de las cuales el río Madre de Dios contribuye con un 4%.

El río Madre de Dios, en el área de estudio tiene una longitud de 480 Km aproximadamente (comprendidos, desde la unión entre el río Manu y Alto Madre de Dios hasta el límite fronterizo con Bolivia), un ancho que oscila entre 200 m a 800 m en promedio, con niveles de profundidad media de 10.8 m. En noviembre del 2007, en el sector de Laberinto, la velocidad de corriente media fue de 1.21 m/s y de 1.252 m/s, de velocidad máxima. Durante los meses de Abril y Mayo (media vaciante), la velocidad de corriente promedio fue de 0.952 m/s pudiendo alcanzar velocidades máximas de 1.066 m/s (IIAP-CTAR Madre de Dios, 2000).

Las características físicas y químicas de los cuerpos de agua estudiados reúnen condiciones adecuadas para el desarrollo de la vida acuática en la mayoría de los cuerpos de agua. Sin embargo, algunos ríos se encuentran impactados por el desarrollo de las actividades mineras y por los desechos domésticos.

2.9.1. Ríos

Existen aproximadamente 136 ríos en toda la cuenca del río Madre de Dios, que fueron seleccionados considerando el caudal y orden. En el Cuadro 2.12 se muestra la cantidad de ríos por cuenca, donde la cuenca con mayor cantidad de ríos es la del Alto Madre de Dios. En el Anexo II del estudio se ilustra una relación de todos los ríos, quebradas y lagunas. Los principales ríos serán descritos más adelante en la parte de Unidades Hidrográficas.

Cuadro N° 2.12: Numero de ríos por cuenca

	Cuenca	N° de ríos
1	Intercuenca Alto Madre de Dios	44
2	Intercuenca Medio Alto Madre de Dios	1
3	Intercuenca Medio Madre de Dios	1
4	Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios	8
5	Inambari	27
6	Tambopata	34
7	De las Piedras	12
8	Intercuenca Orthon	6
9	Intercuenca Alto Acre	3
	Total	136

Fuente: Elaboración propia

2.9.2. Quebradas

Existen por lo menos 248 quebradas que alimentan a los ríos principales. Estas quebradas se encuentran grandemente influenciadas por la presencia de las precipitaciones pluviales del momento; se cargan considerablemente después de una lluvia, aumentando rápidamente su caudal. Algunas quebradas, como en el sector Puerto Maldonado-Iberia, se secan completamente, especialmente durante el periodo de vaciante. Sin embargo, la mayoría de las áreas de recepción de las cuencas de las quebradas, retienen cierta cantidad de agua durante los periodos de sequía. En las partes más altas de la cuenca, las quebradas son de aguas claras y discurren sobre terrenos pedregosos. Mientras que, en el Llano Amazónico, las quebradas generalmente, son de agua negra y discurren por terrenos arenosos a arcillosos. En el Cuadro N° 2.13 se aprecia un resumen de las principales quebradas, donde el río Inambari tiene la mayor cantidad de quebradas.

Igualmente en el Anexo II, se muestra un listado de las principales quebradas.

Cuadro N° 2.13: Número de Quebradas por cuenca

Cuenca	N° de Quebradas
1 Intercuenca Alto Madre de Dios	39
2 Intercuenca Medio Alto Madre de Dios	11
3 Intercuenca Medio Madre de Dios	0
4 Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios	25
5 Inambari	91
6 Tambopata	57
7 De las Piedras	9
8 Intercuenca Orthon	14
9 Intercuenca Alto Acre	2
Total	248

Fuente: Elaboración propia



Foto N° 2.2: Quebrada Mavila, sobre puente Mavila II, Km 80 Carretera Interoceánica Sur

2.9.3. Lagunas

La Cuenca de Madre de Dios, cuenta con una gran cantidad de lagunas de diverso origen y formación. Esta cantidad importante de cuerpos de agua representa para la región un gran potencial que puede ser desarrollado en diversos sectores como: hidroenergético, industrial, agrícola, recreación y turismo, y servicios ambientales.

Uno de los grupos más importantes de cuerpos de agua de origen glaciar están en la cordillera de Carabaya, en el departamento de Puno. A nivel de sub cuencas este grupo importante de lagunas pertenece a la Cuenca del río Inambari, en la misma cuenca, existe también un grupo importante de lagunas del departamento de Cuzco, en la cordillera donde nace el río Araza afluente importante del río Inambari. En la cuenca del Inambari

existen cerca de 1480 lagunas, sin embargo se ha inventariado 97 lagos importantes.

En la parte baja de la Cuenca del río Madre de Dios, en el llano Amazónico, el tipo meándrico y trezado de los ríos dio origen a la formación de un número importante de lagos y lagunas, estas se encuentran en las Intercuencas de Alto Madre de Dios, Alto Medio Madre de Dios, Medio Madre de Dios, Medio Bajo Madre de Dios, Tambopata, Tahuamanu, y las Piedras. En el Cuadro 2.14 se muestra un resumen de las principales lagunas, donde el Inambari cuenta con la mayor cantidad de lagunas. En el Anexo II del estudio, se muestra con mayor detalle los nombres de las lagunas y su ubicación.

Cuadro N° 2.14: Numero de Lagos y Lagunas en cada cuenca

Cuenca	Numero de Lagos y Lagunas
Inambari	97
Alto Madre de Dios	27
Medio Alto Madre de Dios	5
Bajo Madre de Dios	2
Tambopata	5
De las Piedras	4
Total	140

Fuente: Elaboración Propia

2.10.GEOMORFOLOGÍA

2.10.1.Parámetros Geomorfológicos

El área que ocupa la cuenca Madre de Dios, está comprendida entre el flanco oriental andino y la Llanura amazónica, que ha sido modelada principalmente por la acción erosiva de los ríos de la vertiente oriental, los mismos que drenan hacia la cuenca atlántica a través del río Madre de Dios, el mismo que se constituye en el principal colector de las aguas del sureste peruano y noroeste boliviano.

Las Unidades Geomorfológicas identificadas en el presente estudio la constituyen las unidades de terrazas y colinas en la llanura y al suroeste, las formaciones de ladera de montaña en menor proporción.

Según el estudio de la Meso Zonificación Ecológica – Económica del Corredor Interoceánico Sur tramo Iñapari-Inambari, los depósitos cuaternarios y recientes se encuentran formando terrazas, a lo largo del río Madre de Dios y del río Las Piedras, hay terrazas que pueden tener de 10 a 15 metros de altura, cuya antigüedad puede fluctuar entre los 30,000 a 40,000 años.

Estas unidades han sido formadas en la llanura por socavamiento y erosión de los ríos sobre su cauce, a su vez están vinculadas a los movimientos de levantamiento de la faja Cordillerana, los mismos que han estado activos durante el Cuaternario.

Se tienen Terrazas a diferentes niveles, siendo las más altas y alejadas de los actuales cauces, las más antiguas, y las más bajas cerca al cauce, las más recientes.

La dirección de las corrientes fluviales es, primero de Sur a Norte, para luego desplazarse hacia el noreste, teniendo como probables controles el fracturamiento transversal, el mismo que en la región puede variar de NE-SO a este-oeste.

2.10.2. Parámetros de Forma

A continuación se hace una descripción de las características fisiográficas y su determinación de las mismas.

a) Área (A)

La superficie de la cuenca corresponde a la superficie de la misma, proyectada en un plano horizontal; y su tamaño influye en forma directa sobre las características de los escurrimientos, la unidad de medida es en Km². En el Cuadro N° 2.15, se presentan las áreas de cada subcuenca y la su codificación correspondiente a Pfafstetter.

b) Perímetro (P)

El perímetro de la cuenca (P), está definido por la longitud de la línea de división de aguas y que se conoce como el “parte aguas o Divortium Acuarium”, la unidad de medida es en Km. En el Cuadro N° 2.15 se muestran los perímetros de cada subcuenca y su codificación correspondiente por Pfafstetter.

c) Longitud de Cauce Principal (L)

Se denomina Longitud de cauce principal (L, en Km), al cauce longitudinal de mayor extensión que tiene una cuenca determinada, es decir, el mayor recorrido que realiza el río desde la cabecera de la cuenca, siguiendo todos los cambios de dirección o sinuosidades hasta un punto fijo, que puede ser una estación de aforo o desembocadura. En el Cuadro N° 2.15 se muestran las longitudes de cauce principal de cada subcuenca.

d) Pendiente Media del Curso Principal (S)

Es la relación entre la diferencia de altitudes del cauce principal y la proyección horizontal del mismo. Su influencia en el comportamiento hidrológico se refleja en la velocidad de las aguas en el cauce, lo que a su vez determina la rapidez de respuesta de la cuenca ante eventos pluviales intensos y la capacidad erosiva de las aguas como consecuencia de su energía cinética. Se ha determinado la pendiente del cauce principal del río Madre de Dios para cada una de las sub-cuencas más importantes que la conforman expresado en porcentaje (%), y se presentan en el Cuadro N° 2.15.

e) Coeficiente de Compacidad (Kc)

El Coeficiente de Compacidad (Kc, adimensional), o Índice de Gravelius, constituye la relación entre el Perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia cuya área - igual a la de un círculo - es equivalente al área de la cuenca en estudio. Su fórmula es la siguiente:

$$Kc = 0.28 P/A^{1/2}$$

Donde: K_c = Coeficiente de compacidad
 P = Perímetro de la cuenca (Km)
 A = Área de la cuenca (Km²)

Este coeficiente define la forma de la cuenca, respecto a la similaridad con formas redondas, dentro de rangos que se muestran a continuación (FAO, 1985):

Clase K_c1 : Rango entre 1 y 1.25. Corresponde a forma redonda a oval redonda.

Clase K_c2 : Rango entre 1.25 y 1.5 Corresponde a forma oval redonda a oval oblonga.

Clase K_c3 : Rango entre 1.5 y 1.75 Corresponde a forma oval oblonga a rectangular oblonga.

En cualquier caso, el índice será mayor que la unidad mientras más irregular sea la cuenca y tanto más próximo a ella cuando la cuenca se aproxime más a la forma circular, alcanzando valores próximos a 3 en cuencas muy alargadas.

En el Cuadro N° 2.15, se muestra que los coeficientes de compacidad determinados a nivel de cada sub-cuenca y estas se encuentran entre el rango de 2.02 y 2.34, indicando que las cuencas es irregular y alargadas.

f) **Factor de Forma (Ff)**

El Factor de Forma (Ff, es adimensional), es otro índice numérico con el que se puede expresar la forma y la mayor o menor tendencia a crecientes de una cuenca, en tanto la forma de la cuenca hidrográfica afecta los hidrogramas de escorrentía y las tasas de flujo máximo. El Factor de Forma tiene la siguiente expresión:

$$F_f = A_m/L = A/L^2$$

Donde: F_f = Factor de forma
 A_m = Ancho medio de la cuenca (Km)
 L = Longitud del curso más largo (Km)

Una cuenca tiende a ser alargada si el factor de forma tiende a cero, mientras que su forma es redonda, en la medida que el factor forma tiende a uno. Este factor, como los otros que se utilizan en este trabajo, es un referente para establecer la dinámica esperada de la escorrentía superficial en una cuenca, teniendo en cuenta que aquellas cuencas con formas alargadas, tienden a presentar un flujo de agua más veloz, a comparación de las cuencas redondeadas, logrando una evacuación de la cuenca más rápida, mayor desarrollo de energía cinética en el arrastre de sedimentos hacia el nivel de base, principalmente.

De manera general, una cuenca con F_f bajo, está sujeta a menos crecientes que otra del mismo tamaño pero con un F_f mayor.

Diagnóstico Hidrológico de la Cuenca Madre de Dios

Se ha determinado el Ff para la cuenca del río Madre de Dios y para cada una de las sub-cuencas más importantes.

En el Cuadro N° 2.15 se muestran los valores del Ff los cuales presentan valores menores que 1, entre 0.03 y 0.11.

Cuadro N° 2.15: Parámetros de forma de la cuenca

Parametros de Forma de la cuenca Madre de Dios						
Código Pfafstetter	Cuenca	Area (km ²)	Perimetro (km)	Longitud de cauce principal (km)	Coficiente de compacidad Kc	Factor de forma Ff
46644	Tambopata	13,280.50	909.25	398.58	2.21	0.08
46646	Las Piedras	18,943.30	1,111.36	779.35	2.26	0.03
46648	Inambari	20,174.90	1,146.36	448.40	2.26	0.10
46643	Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios*	5,641.80	627.89	273.86	2.34	0.08
46647,46645, 46649	Intercuenca Medio Alto, Medio y Alto Madre de Dios	36,209.90	1,513.18	828.57	2.23	0.05
49269	Intercuenca Alto Acre	2,492.40	360.28	155.62	2.02	0.10
(nivel 4) 4662	Intercuenca Orthon	15,190.20	961.32	308.51	2.18	0.16

* En esta cuenca se ha considerado como rio principal al rio Heath, de acuerdo a Pfafstetter.

Fuente: Elaboración Propia

En general todas las cuencas presentan una forma irregular, siendo mayor la Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios, así mismo, la cuenca más alargada es la De las Piedras, el cual presenta mayores velocidades de flujo, este tiene rápidas a lo largo de su cauce como se muestra en la Foto N° 2.3.



Foto N° 2.3: Rio de las Piedras en el sector Cachuela Trigoso.

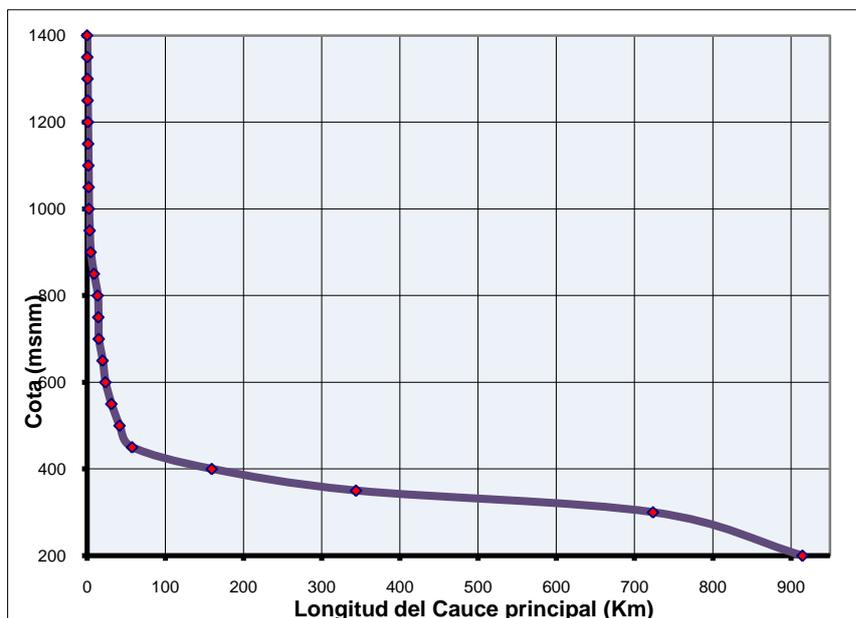
2.10.3. Parámetros de Relieve

Relieve del cauce principal

El relieve del cauce principal se representa mediante el perfil longitudinal y

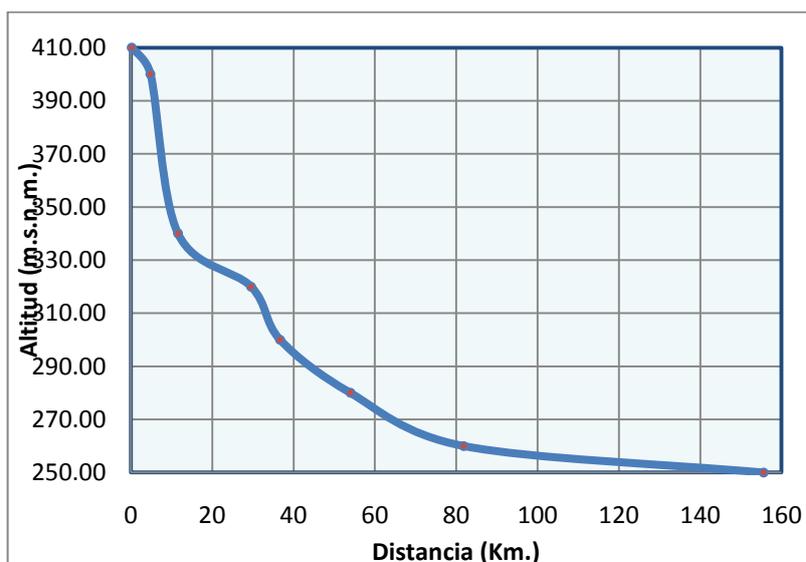
puede ser cuantificado mediante parámetros que relacionan la altitud con la longitud del cauce principal. Los Gráficos N° 2.3 al 2.10 muestran los perfiles longitudinales de los cauces principales de cada Unidad Hidrográfica.

Gráfico N° 2.3: Perfil Longitudinal del Río Madre de Dios



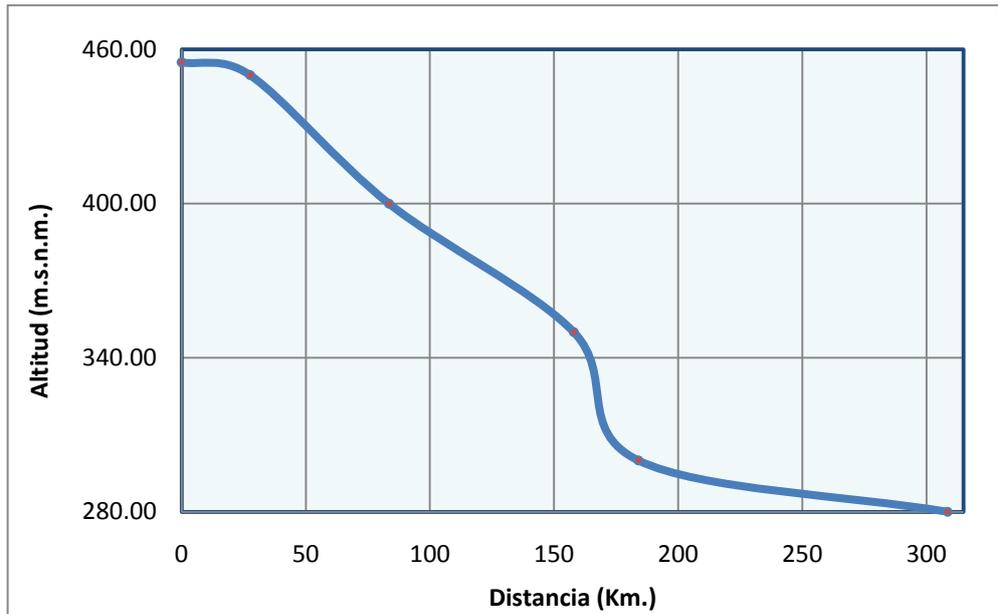
El punto de inicio o nacimiento del río Madre de Dios está considerado en la nacimiento del río Manu, en el extremo oeste de la cuenca, específicamente en las coordenadas UTM 814,464 y 8'666,694, a una altitud de 1400 msnm. El punto final está considerado en el límite fronterizo con Bolivia en las coordenadas UTM 537,700 y 8'618,167, y una altitud de 200 msnm; entre estos dos puntos el río recorre 915 km. La pendiente media del río es 1.31‰.

Gráfico N° 2.4: Perfil Longitudinal del Río Acre



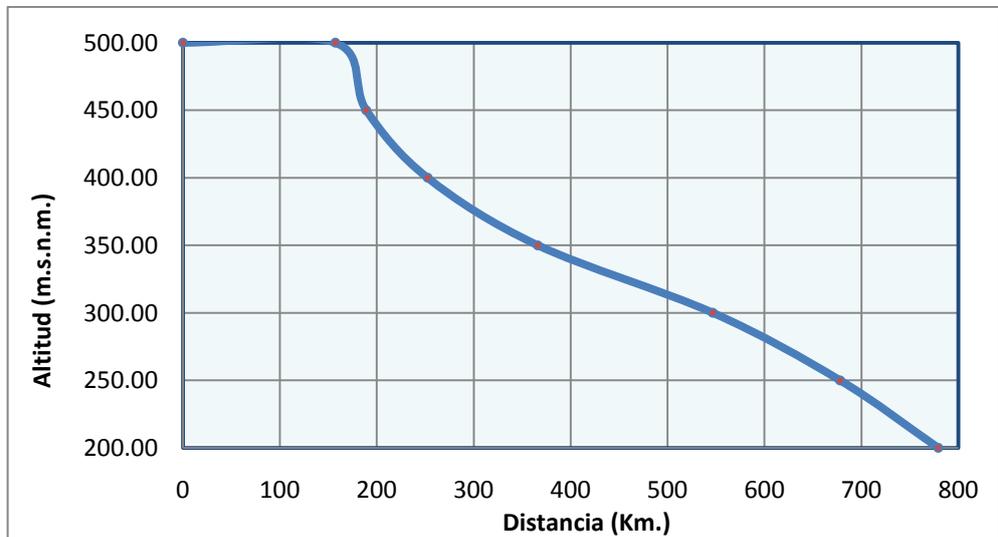
La pendiente media del río Acre es 0.96‰.

Gráfico N° 2.5: Perfil Longitudinal del Río Tahuamanu



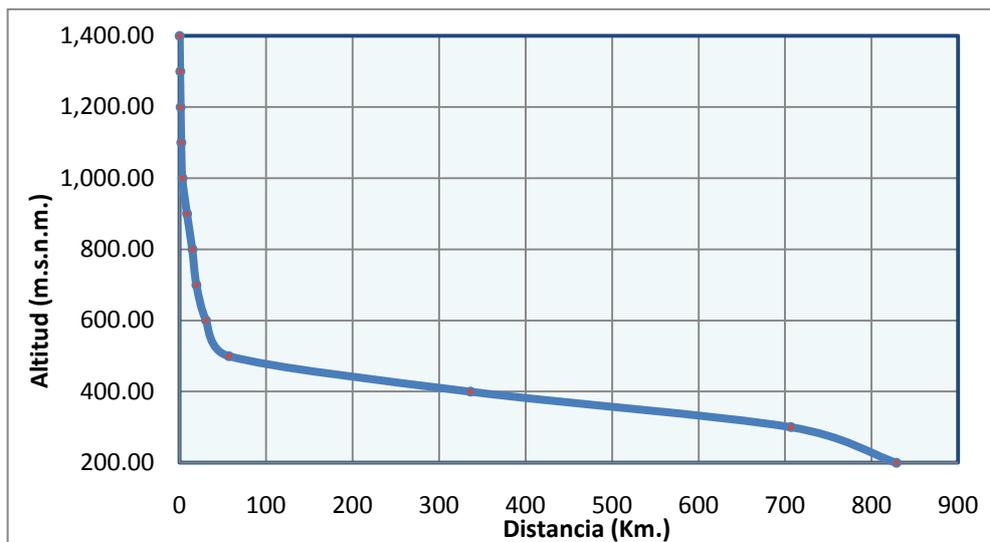
La pendiente media del río Tahuamanu es 0.57‰.

Gráfico N° 2.6: Perfil Longitudinal del Río de Las Piedras



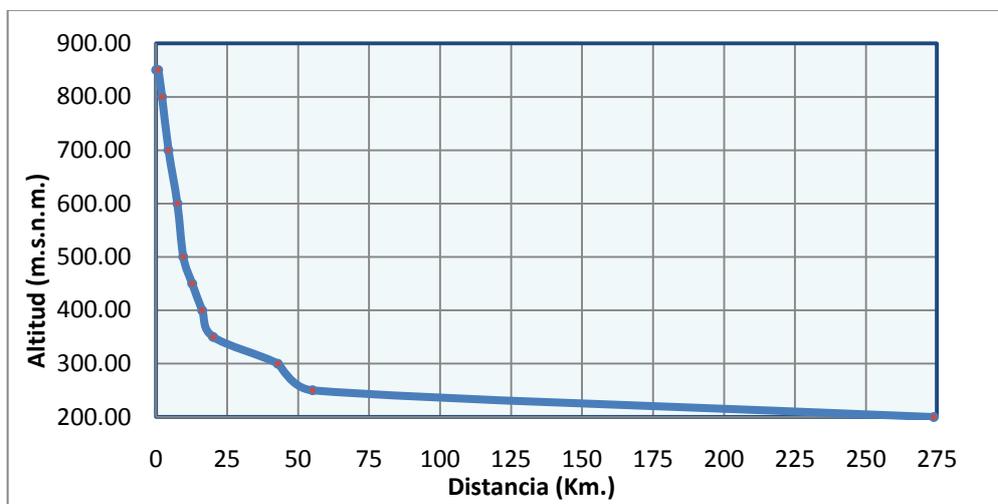
La pendiente media del río de Las Piedras es 0.39‰.

Gráfico N° 2.7: Perfil Longitudinal del Río Medio Alto, Medio y Alto Madre de Dios



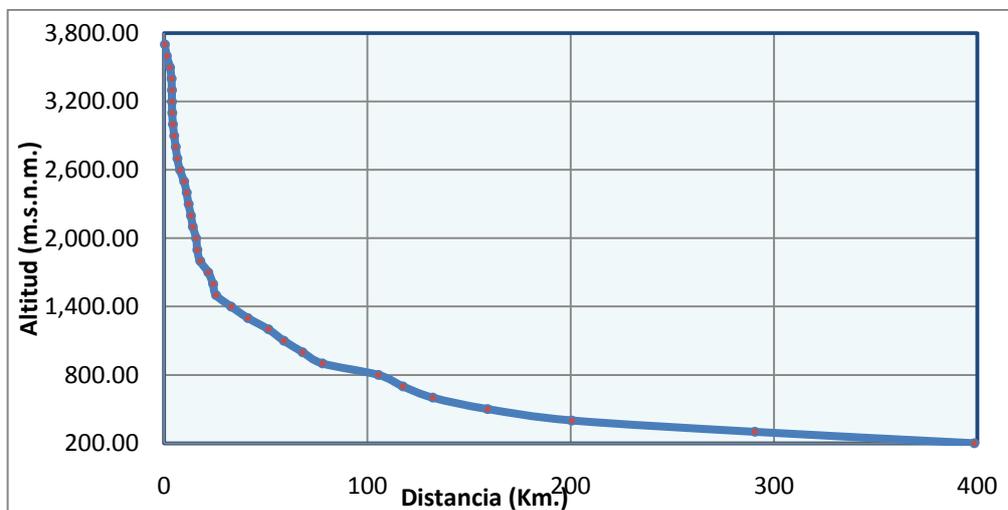
La pendiente media del río Madre de Dios es 1.4‰.

Gráfico N° 2.8: Perfil Longitudinal del Río Heath



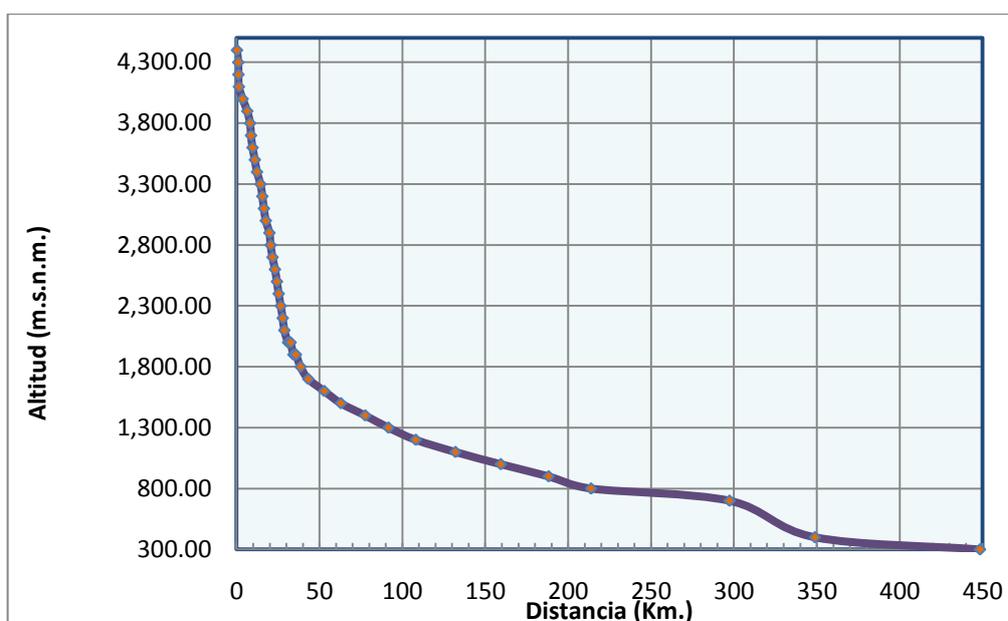
La pendiente media del río Heath es 2.4‰.

Gráfico N° 2.9: Perfil Longitudinal del Río Tambopata



La pendiente media del río Tambopata es 8.7‰.

Gráfico N° 2.10: Perfil Longitudinal del Río Inambari



La pendiente media del río Inambari es de 9.2‰.

Relieve de cuenca

El relieve de la cuenca se representa mediante la curva hipsométrica y puede ser cuantificado con parámetros que relacionan la altitud con la superficie de la cuenca. Los principales son el rectángulo equivalente, la altitud media de la cuenca y la pendiente media de la cuenca.

a) Altitud Media de la Cuenca (H)

La Altitud Media (H) de una cuenca es importante por la influencia que ejerce sobre la precipitación, sobre las pérdidas de agua por evaporación, transpiración y consecuentemente sobre el caudal medio. Se calcula midiendo el área entre los contornos de las diferentes altitudes características consecutivas de la cuenca; en la altitud media, el 50% del área está por encima de ella y el otro 50% por debajo de ella.

b) Rectángulo Equivalente:

Este parámetro de relieve consiste en una transformación geométrica que determina la longitud mayor y menor que tienen los lados de un rectángulo cuya área y perímetro son los correspondientes al área y perímetro de la cuenca.

$$L \times l = A \quad (Km^2)$$

$$2(L + l) = P \quad (Km)$$

Donde:

L = Longitud del lado mayor del rectángulo equivalente (Km.)

l = Longitud del lado menor del rectángulo equivalente (Km.)

Para la cuenca del río Madre de Dios y para cada una de las subcuencas más importantes, se han determinado los lados mayor y menor del rectángulo equivalente y estas están expresadas en Km.

Diagnóstico Hidrológico de la Cuenca Madre de Dios

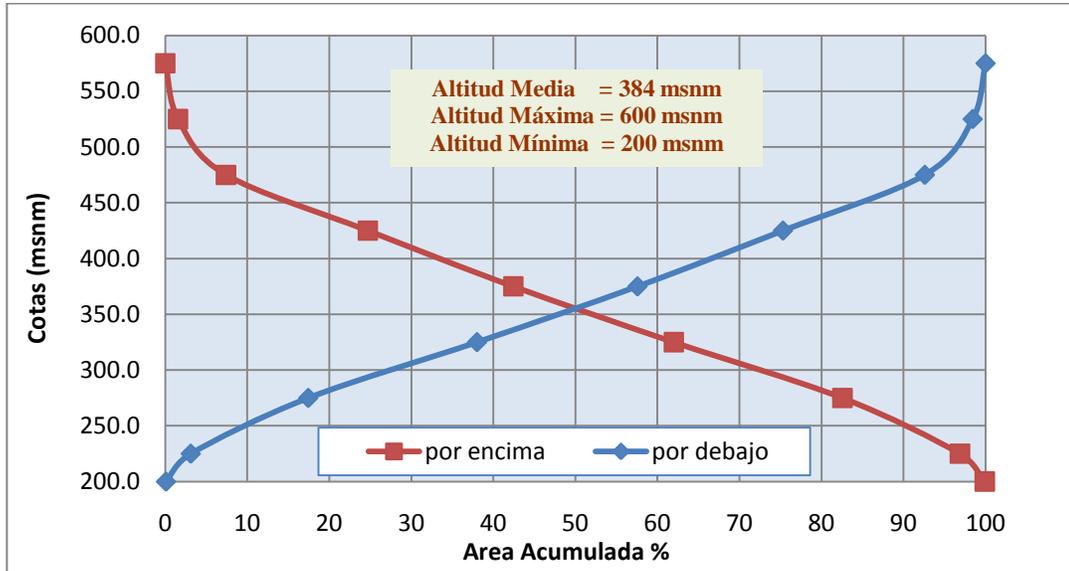
Cuadro N° 2.16: Resumen de Parámetros de Relieve para cada Unidad Hidrográfica.

Parametros de Relieve de la Cuenca Madre de Dios										
Código Pfafstetter	Cuenca	Area	Perimetro	Longitud de cauce principal	Pendiente Media del cauce	Altitud alta	Altitud baja	Altitud Media	Rectangulo	
		(km ²)	(km)	(km)	m/m	m.s.n.m.	m.s.n.m.	m.s.n.m.	L	I
46644	Tambopata	13,280.50	909.25	398.58	0.008781	3700	200	1950	311.8	142.9
46646	Las Piedras	18,943.30	1,111.36	779.35	0.000385	500	200	350	382.7	173.0
46648	Inambari	20,174.90	1,146.36	448.40	0.009144	4400	300	2350	394.7	178.5
46643	Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios*	5,641.80	627.89	273.86	0.002373	850	200	525	217.5	96.5
46647,46645,46649	Intercuenca Medio Alto, Medio y Alto Madre de Dios	36,209.90	1,513.18	828.57	0.001448	1400	200	800	519.6	237.0
49269	Intercuenca Alto Acre	2,492.40	360.28	155.62	0.000964	400	250	325	121.3	58.9
(nivel 4) 4662	Intercuenca Orthon	15,190.20	961.32	308.51	0.000567	455	280	368	328.9	151.8

* En esta cuenca se ha considerado como rio principal al rio Heath, de acuerdo a Pfafstetter.

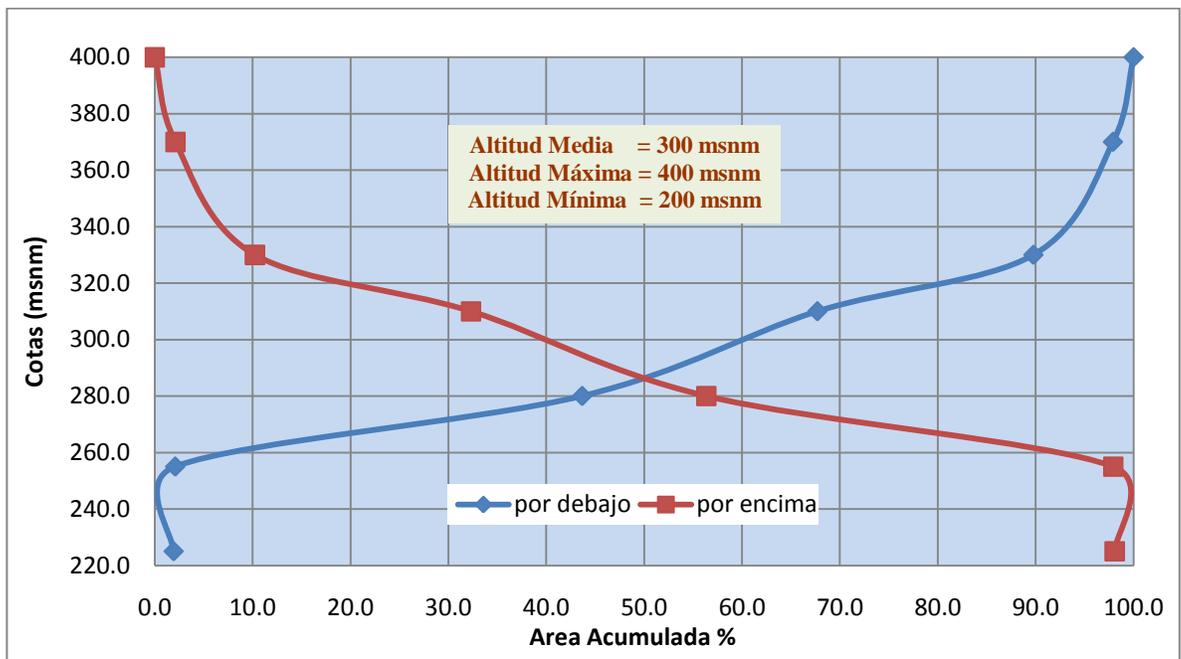
En los Gráficos N° 2.11 al N° 2.13, se muestran las curvas hipsométricas de la cuenca de los ríos Piedras, Alto Acre y Alto, Medio Alto y Medio Madre de Dios a manera de ejemplo.

Gráficos N° 2.11: Curva Hipsométrica De las Piedras



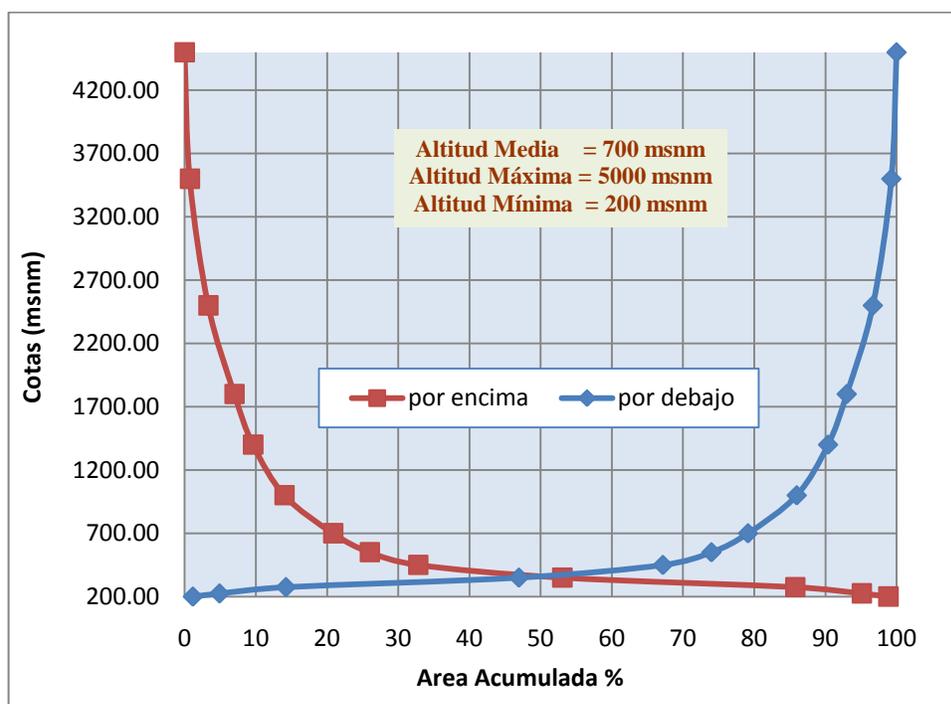
El río de las Piedras presenta características de ser un río maduro.

Gráficos N° 2.12: Curva Hipsométrica del Alto Acre



El río Alto Acre presenta características de ser un río entre maduro y viejo.

Gráficos N° 2.13: Curva Hipsométrica del Alto, Medio Alto y Medio MDD



El río Madre de Dios presenta características de ser un río viejo.

2.10.4. Parámetros de Drenaje

Es otra característica importante en el estudio de una cuenca, ya que manifiesta la eficiencia del sistema de drenaje en el escurrimiento resultante, es decir, la rapidez con que desaloja la cantidad de agua que recibe. La forma de drenaje, proporciona también indicios de las condiciones del suelo y de la superficie de la cuenca.

El Sistema o Red de Drenaje de una cuenca está conformado por un curso de agua principal y sus tributarios; observándose por lo general, que cuanto más largo sea el curso de agua principal, más llena de bifurcaciones será la red de drenaje.

La definición de los parámetros de drenaje se presenta a continuación:

Orden de ríos

El orden de corrientes se determina de la siguiente manera: Una corriente de Orden 1 es un tributario sin ramificaciones. Así, dos corrientes de Orden 1 forman una de Orden 2, dos de Orden 2 forman una de Orden 3, etc. Entre más corrientes tributarias tenga una cuenca, es mayor es el grado de bifurcación de su sistema de drenaje y más rápida será su respuesta a la precipitación.

Frecuencia de los ríos

Esta dado por el número total de ríos dividido con el área de la cuenca. Se mide en ríos/Km².

Densidad de Drenaje

La Densidad de Drenaje (Dd), indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua: efímeros, intermitentes o perennes de una cuenca (Lt) y el área total de la misma (A).

La densidad de drenaje tiende a uno en ciertas regiones desérticas de topografía plana y terrenos arenosos, y a un valor alto en regiones húmedas, montañosas y de terrenos impermeables. Esta última situación es la más favorable, pues si una cuenca posee una red de drenaje bien desarrollada, la extensión media de los terrenos a través de los cuales se produce el escurrimiento superficial es corto y el tiempo en alcanzar los cursos de agua también será corto; por consiguiente, la intensidad de las precipitaciones influirá inmediatamente sobre el volumen de las descargas de los ríos.

Se define $Dd = \frac{L_t}{A}$ (Km / Km²) que:

Donde:

Lt : Suma de longitudes de todos los tributarios, incluye cauce principal (Km)

A : Área de la cuenca (Km²)

Extensión media del escurrimiento

Indica la distancia media, en línea recta, que el agua precipitada tendrá que escurrir para llegar al lecho de un curso de agua.

Se tiene: $d = \frac{A}{4 L_t}$ (m)

Coefficiente de Torrencialidad.

Es la relación entre el número de cursos de agua de primer orden y el área total de la cuenca.

Se define como:

$$C_t = \frac{\# \text{ de cursos de primer orden}}{A} \quad (\text{ríos} / \text{Km}^2)$$

Diagnóstico Hidrológico de la Cuenca Madre de Dios

Cuadro 2.17		Parámetros de Drenaje de la Cuenca Madre de Dios							Cuadro N° 2.7
Parámetros	Orden	Unidad Hidrográfica Menor							Unidad Hidrográfica Mayor
		Cuenca/Intercuenca							
		Alto Acre	Orthon o Tahuamanu	Las Piedras	Medio Bajo MDD	Medio Alto, Medio y Alto Madre de Dios	Tambopata	Inambari	
Longitud de ríos (Km)	1	180.9625	1240.553	1504.2613	596.3426	3241.6643	1082.3306	1598.67	9444.7843
	2	113.3046	587.3966	863.3444	308.1164	2032.1172	625.0123	896.7893	5426.0808
	3	7.7605	177.9284	187.75	106.53	654.8264	199.5004	268.7947	1603.0904
	4				23.51	115.3985	100.69	103.5	343.0985
	5					124.4			124.4
Longitud total de ríos		302.03	2005.88	2555.36	1034.50	6168.41	2007.53	2867.75	16941.454
Superficie (Km2)		35968.5415	33523.3313	19044.59	1612.3773	1612.3773	13351.33	20174.87	125287.4126
Numero de ríos	1	20	147	128	46	351	138	210	1040
	2	5	24	21	15	88	33	40	226
	3	1	5	2	4	19	7	9	47
	4				1	4	2	2	9
	5					1			1
Numero Total de ríos		26	176	151	66	463	180	261	1323
Orden de ríos		3	3	3	4	5	4	4	5
Frecuencia de ríos (# total de ríos/Km 2)		0.001	0.005	0.008	0.041	0.287	0.013	0.013	0.011
Densidad de drenaje (Km/km2)		0.008	0.060	0.134	0.642	3.826	0.150	0.142	0.135
Extensión media de escurrimiento superf. (m)		29772.56	4178.14	1863.20	389.65	65.35	1662.65	1758.77	1848.83
Coeficiente de torrencialidad (ríos 1 er Orden/Km2)		0.001	0.005	0.008	0.041	0.287	0.013	0.013	2.08

Para la cuenca del río Madre de Dios, el Orden de los ríos es 5, la frecuencia de los ríos es 0.01 ríos/Km², la densidad de drenaje es 0.135 Km/Km², la extensión media de escurrimiento es 1848.77 m, y el coeficiente de torrencialidad es 2.08 ríos/Km². En el Cuadro N° 2.17 se muestran los parámetros de drenaje para cada unidad hidrográfica.

A continuación en los Gráficos N° 2.14 al N° 2.18 se muestra la distribución del Sistema de Drenaje en las sub cuencas del río Madre de Dios.

Gráfico N° 2.14: Sistema de Drenaje del Río Acre

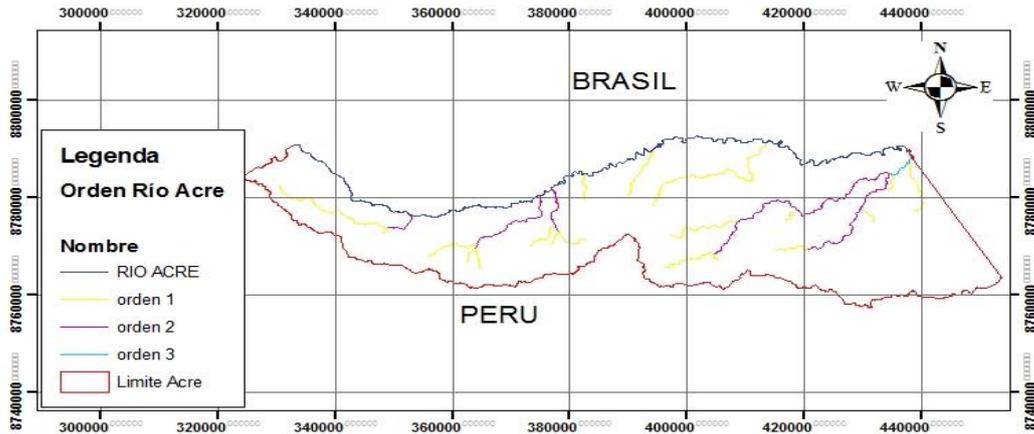


Gráfico N° 2.15: Sistema de Drenaje del Río Tahuamanu

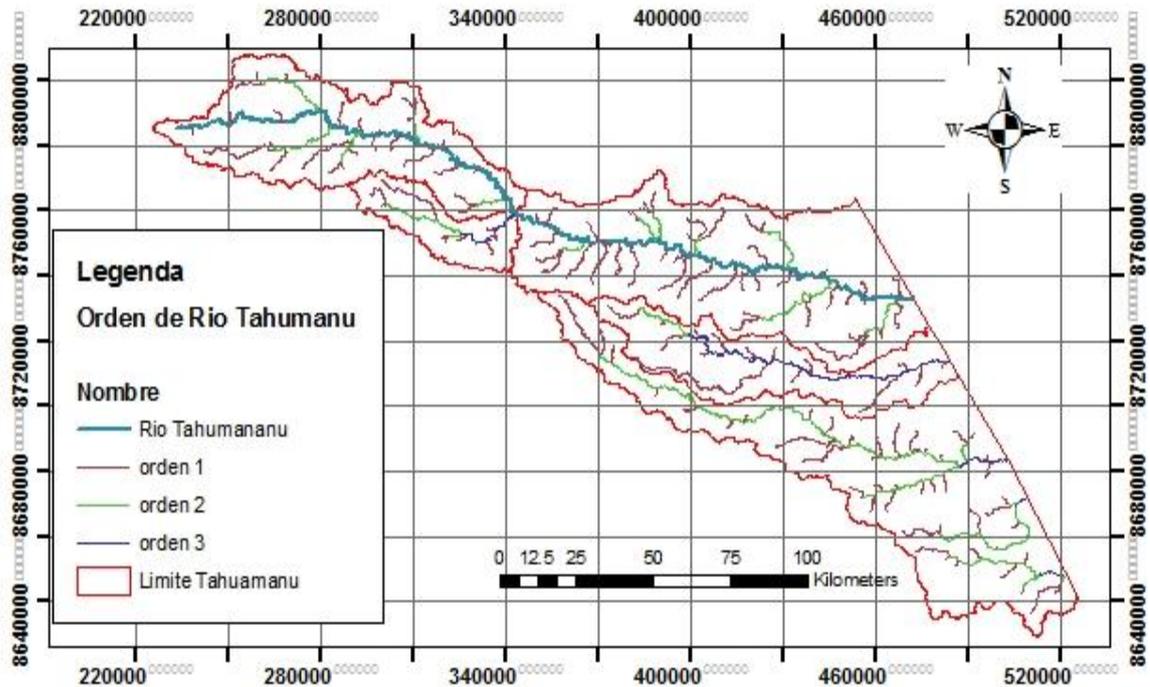


Gráfico N° 2.16: Sistema de Drenaje del Río Tambopata

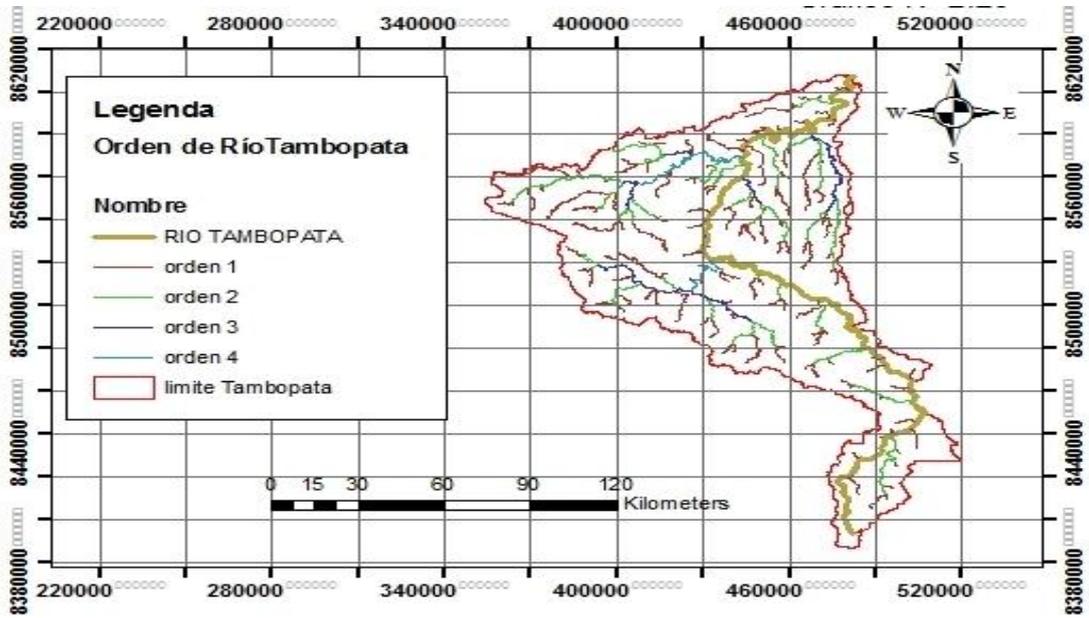


Gráfico N° 2.17: Sistema de Drenaje del Río Inambari

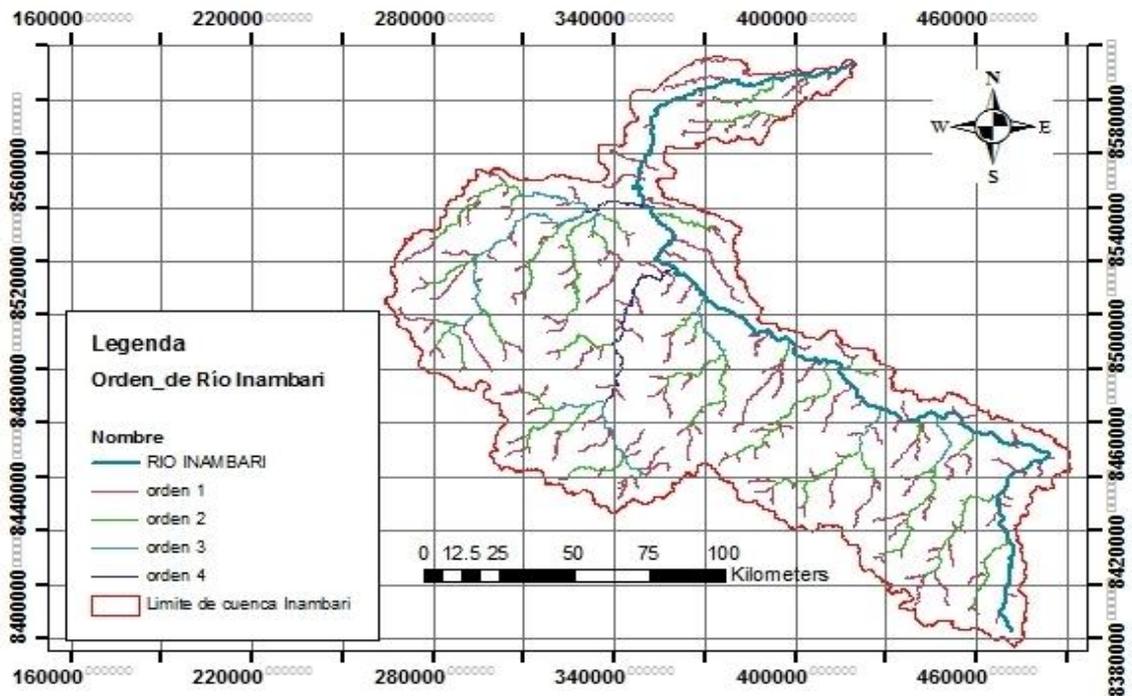


Gráfico N° 2.18: Sistema de Drenaje del Río Las Piedras

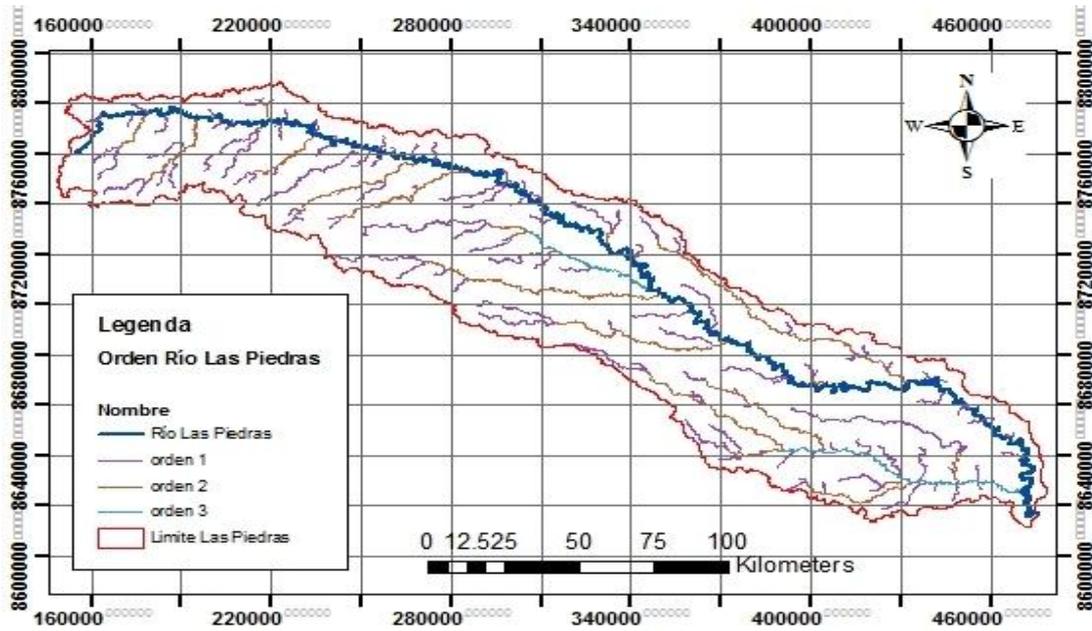


Gráfico N° 2.19: Sistema de Drenaje del Río Alto, Medio Alto y Medio MDD

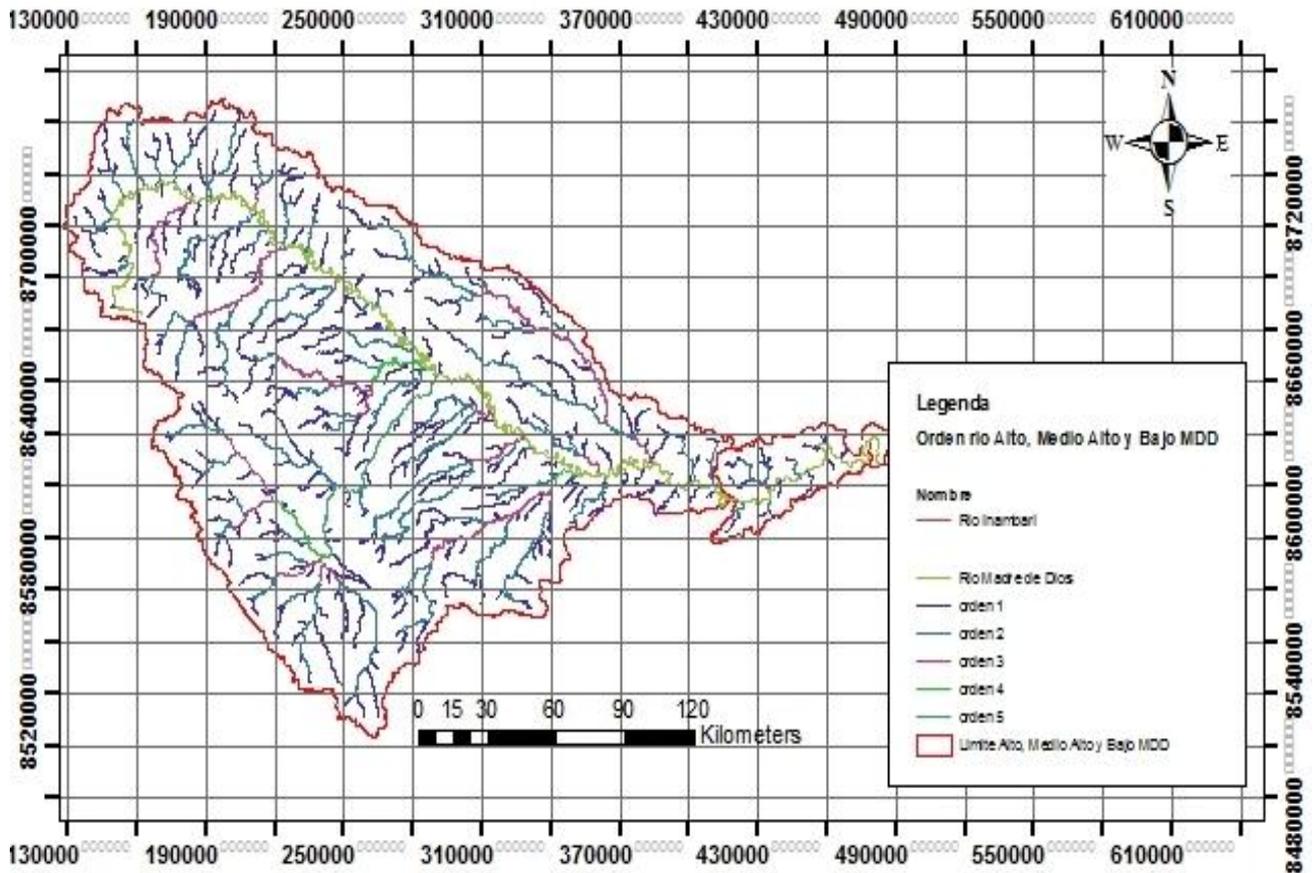
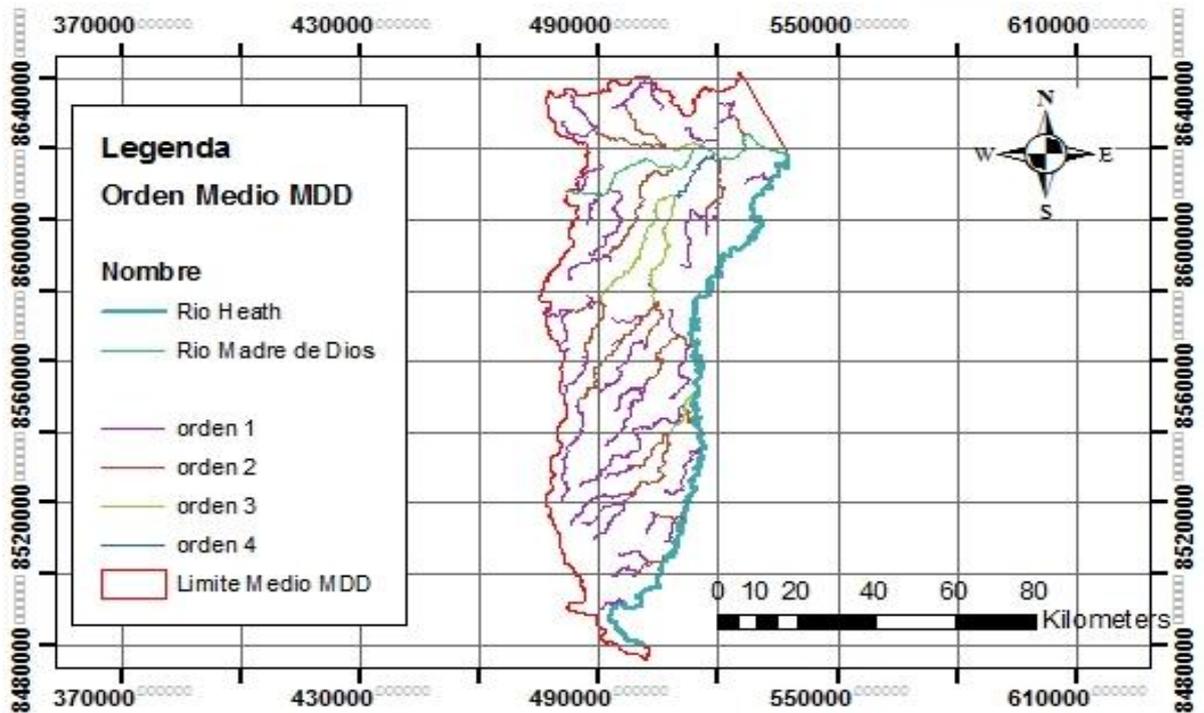


Grafico N° 2.20: Sistema de Drenaje del Río Medio Bajo MDD



2.11. DELIMITACION HIDROGRAFICA - METODO PFAFSTETTER

El Sistema de Codificación Pfafstetter fue desarrollado por el Ing. Otto Pfafstetter en 1989, difundido a partir de 1997 por Kristine Berdin y adaptado a partir de entonces por United State Geological Survey (USGS – Servicio Geológico de los Estados Unidos) como estándar internacional.

La metodología asigna identificadores (Ids) o códigos a unidades de drenaje basado en la topología de la superficie o área del terreno; dicho de otro modo asigna Ids a una cuenca para relacionarla con sus cuencas vecinas, locales e internas.

El sistema Pfafstetter describe tres clases de unidades de drenaje: cuenca, intercuenca y cuenca interna.

Cuenca: es un área que no recibe drenaje de ninguna otra área

Intercuenca: es un área que recibe drenaje de otras unidades aguas arriba.

Cuenca interna: es un área de drenaje que no contribuye con flujo de agua a otra unidad de drenaje o cuerpo de agua, tales como un océano o lago.

En este método la importancia de cualquier río está relacionada con el área de su cuenca hidrográfica. Se hace una distinción entre río principal y tributario, en función del criterio del área drenada. Así, en cualquier confluencia, el río principal será siempre aquel que posee la mayor área drenada entre los dos.

En América del Sur la Unidad Hidrográfica que tiene nivel 1 es la cuenca hidrográfica del río Amazonas (UH 4). La subdivisión en el nivel 2 (UH 46) se encuentra la cuenca hidrográfica del río Madeira. En el nivel 3 se encuentra la

cuenca transfronteriza del río Beni (UH 466). La Cuenca del río Beni con 283315.9 Km², es compartida por Perú y Bolivia, correspondiendo 111933.0 Km² (39.5%) al Perú, que comprenden las partes altas de las Cuencas de los ríos Madre de Dios (UH 4664) y Tahuamanu u Orthon (UH 4662), que tienen nivel 4.

El Cuadro N° 2.18, presenta las Cuencas al nivel 5 pertenecientes a la Unidad Hidrográfica 466 del Beni.

Cuadro N° 2.18: Cuencas pertenecientes a la Unidad Hidrográfica 466 del Beni.

Unidades Hidrográficas pertenecientes a la U.H 466 Beni, que se encuentran en territorio Peruano			
Codigo	Unidad Hidrográfica	Superficie (Km²)	Perímetro (Km)
46649	Intercuenca Alto Madre de Dios	34472.2	1181.83
46647	Intercuenca Medio Alto Madre de Dios	1603.8	272.25
46645	Intercuenca Medio Madre de Dios	133.9	59.11
46643	Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios	5641.8	627.89
46648	Cuenca Inambari	20174.9	1146.36
4662	Cuenca Orthon	15190.2	961.32
46644	Cuenca Tambopata	13280.5	909.25
46646	Cuenca de Las Piedras	18943.3	1111.36
49269	Intercuenca Alto Acre*	2492.4	360.28

(*) En el caso de la Cuenca de Alto Acre (U.H 49269), esta pertenece a la Cuenca del río Purús (U.H 492), sin embargo se encuentra considerada en el presente estudio.

2.12. HIDROGRAFÍA DE LA CUENCA DE MADRE DE DIOS

2.12.1. Descripción General de la Cuenca

La cuenca del río Madre de Dios, constituye una de las cuencas altas de la gran cuenca del Amazonas, sus aguas, en este caso drenan a los territorios de Bolivia y de allí al río Amazonas. El ámbito territorial está conformado por 9 unidades hidrográficas mayores. Asimismo comprende territorios de 03 Gobiernos Regionales, siendo la Región Madre de Dios la que ocupa la mayor proporción (72 %), y ocupan proporciones menores las otras 02 Regiones (Puno y Cusco). Es pertinente señalar, que el territorio del Gobierno Regional de Madre de Dios, prácticamente en su integridad (95%), se encuentra en el ámbito de esta Autoridad de Agua.

La red hidrográfica de la Cuenca del Madre de Dios es de gran complejidad, con cursos abruptos y fuertes caídas en la zona de Inambari provenientes de la cordillera de Carabaya y ríos de cursos meándricos, propio del llano amazónico, esta característica hace que constantemente cambien de curso formando cuellos que estrechándose con el pasar del tiempo forman lagunas, también se forman extensas playas temporales lo mismo que gran cantidad de islas

Existen estudios, que se muestran en el Cuadro N° 2.19, de descargas del río Madre de Dios, con un caudal promedio de 6577.93 m³/s, lo convierte en el tercer río de mayor volumen de agua en el Perú con 207,441.6 MMC.

Cuadro N° 2.19: Caudales determinados por diferentes estudios.

CUENCA HIDROGRÁFICA	ELECTROPERU	ONERN	CEDEX	ANA	CAUDAL PROMEDIO	VOLUMEN PROMEDIO
	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	Hm3
Madre de Dios	3987	7413	8333.8	-	6577.93	207441.60
Fuente: Estudios realizados por Electroperú (1975), ONERN (1980), CEDEX (1992)						

Según el estudio de WALSH Perú¹ el caudal medio es de 5.922 m³/s a la altura de Puerto Maldonado, con un caudal mínimo de 275.1 m³/s y un máximo para un período de retorno de 10 años es de 7,953 m³/s.

2.12.2. Unidades Hidrográficas Principales

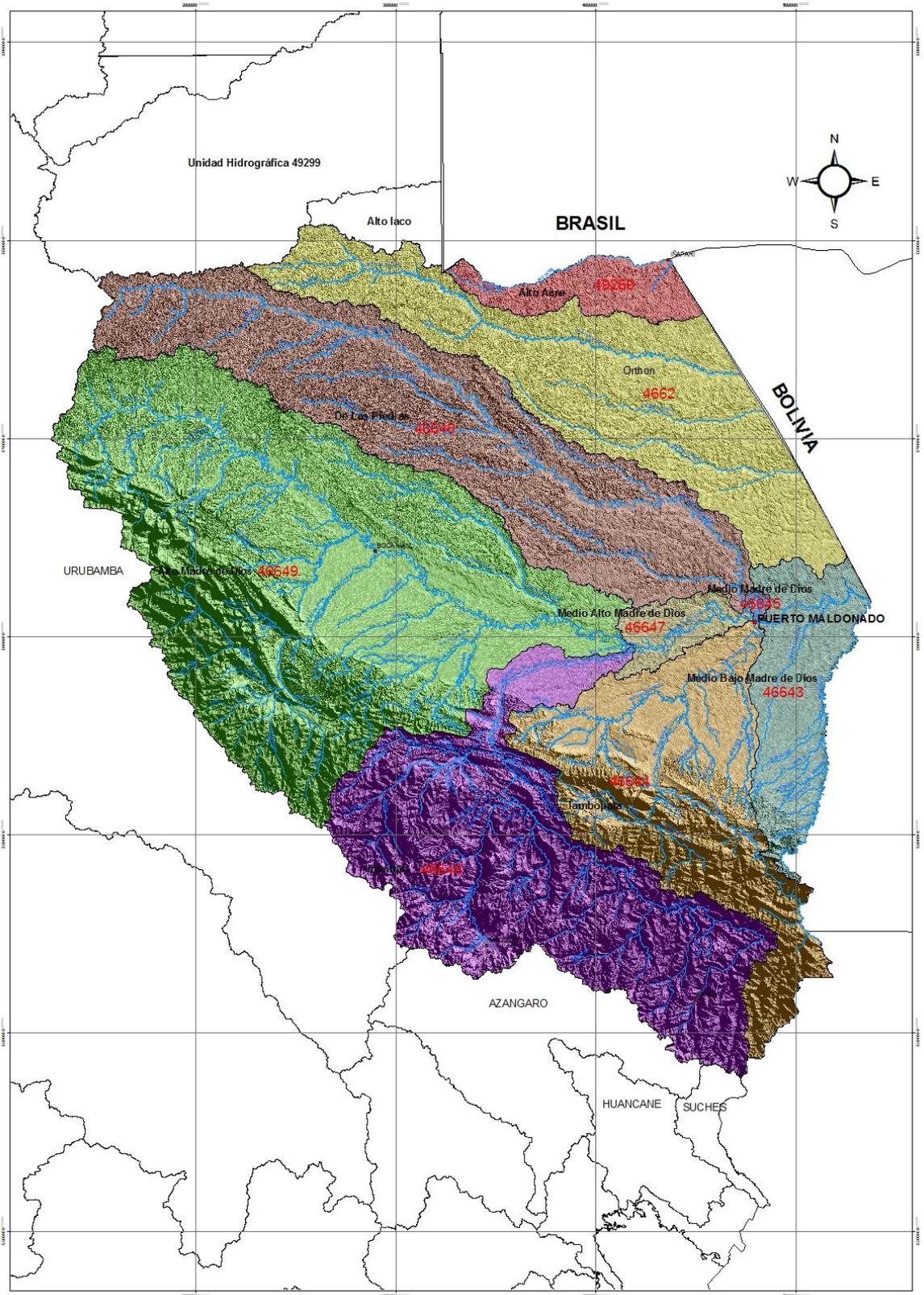
Las Unidades Hidrográficas de nivel 5 se muestran en el Cuadro N° 2.18 y en el Gráfico N° 2.18, las cuales serán descritas a continuación.



Foto N° 2.4: Río Madre de Dios a la altura del puente Billinghamst. Julio 2010.

¹ Walsh Perú: Estudio Impacto Socio Ambiental final corredor vial interoceánico sur, Perú – Brasil: tramo 3. 2007.

Grafico N° 2.21 Mapa de las Unidades Hidrológicas con relieve



2.13. UNIDAD HIDROGRAFICA RÍO ACRE N5 (49269)

2.13.1. Diagnóstico del Recurso Hídrico Superficial

El río Acre nace en zonas colinosas y tiene un recorrido general O-E. Su longitud, desde sus nacientes hasta el límite fronterizo entre Perú, Brasil y Bolivia es de 137 Km. El río Acre tiene un cauce con patrón generalmente semi-recto a meándrico. Su cauce está compuesto de material predominantemente areno arcilloso. En los meses de Abril a Mayo de 1999 el río Acre presentó niveles de velocidad de corriente de nivel medio con caudales que llegan a los 60 m³/s. En Agosto del 2006, a la altura del Puente de la Integración, se registró un ancho de 21.70 m y profundidad media de 0.30 m, con profundidad máxima de 0.55 m. Su velocidad de corriente promedio fue de tipo baja con valor de 0.206 m/s, con velocidad máxima de tipo baja con valor de 0.269 m/s, teniendo un caudal de 1.28 m³/s. Sin embargo, en Mayo del 2010, a la altura de la CCNN Bélgica se registró un ancho de 70 m y profundidad media de 1 m y una máxima de 2 m. Su velocidad de corriente fue de 0.8 m/s, teniendo un caudal de 56 m³/s. Su cauce principal puede ser navegable con canoas, botes pequeño y deslizadores.

2.13.2. Ubicación Geográfica

Geográficamente se encuentra ubicado en la parte norte de la cuenca del Madre de Dios, entre las coordenada UTM WGS84 436,577- 8'789,959 y 333,609 – 8'790,732. La Intercuenca Alto Acre en el ámbito del estudio, se encuentra orientada de Oeste a Este y ocupa pisos altitudinales desde los 250 msnm en el límite fronterizo con Brasil y Bolivia, hasta los 400 msnm.

2.13.3. Demarcación Hidrográfica

El río Acre es uno de los afluentes, en territorio peruano, que dan origen al río Purús. La Intercuenca se encuentra dentro del ámbito de la ALA Maldonado, abarca 2492.4 km² de superficie y un perímetro de 360.28 km. Representa el 2% de la AAA.

2.13.4. Demarcación Política

La cuenca del río Acre se ubica en el sector norte de la región Madre de Dios, formando parte del límite natural fronterizo entre Perú y Brasil. Pertenece a la provincia de Tahuamanu, distrito de Iñapari.

2.13.5. Ecología

La parte alta de la Intercuenca se encuentra ubicada en una transición de bosque húmedo-subtropical y bosque muy húmedo-subtropical, y la parte baja entre un bosque húmedo-subtropical y bosque húmedo-tropical.

2.13.6. Características Fisiográficas

La zona presenta características de colinas bajas, con alguna lomada en la parte alta, y terrazas bajas con drenaje bueno a moderado en Iñapari.

2.13.7. Recursos Hídricos Superficiales

Uno de los principales afluentes del río Acre por la margen derecha es el río Yaverija, que nace en territorio peruano y desemboca en el Acre formando el punto de convergencia entre los territorios de Perú, Brasil y Bolivia. El río Noaya, que atraviesa el territorio Boliviano antes de confluir con el río Acre en territorio brasileño.

El río Yaverija, nace en los límites adyacentes de las cuencas de los ríos Acre y Tahuamanu y discurre en dirección Suroeste a Noreste, atravesando el área de estudio hasta desembocar en el río Acre a la altura de Ñapari, capital de la provincia de Tahuamanu. Sus principales afluentes ubicados en la margen derecha son el río Matirija y La Quebrada Primavera.



Foto N° 2.5: Río Acre a la altura de la CCNN Bélgica.

2.14. UNIDAD HIDROGRAFICA RÍO TAHUAMANU N4 (4662)

2.14.1. Diagnóstico del Recurso Hídrico Superficial

El río Tahuamanu es afluente del río Madre de Dios, desemboca por su margen izquierda, en territorio boliviano, luego de recorrer aproximadamente 402 Km, desde su nacimiento. Este río se origina en el área de influencia del nacimiento de los ríos Yaco y Las Piedras, con el aporte de los ríos Titimanu y Cocama, en territorio peruano.

El río Tahuamanu tiene un recorrido con dirección NO-SE y atraviesa toda la provincia del Tahuamanu. En este sector su curso es meándrico presentando meandros pequeños y lagunas pequeñas originadas por la migración lateral del curso de agua. Las áreas de inundación no son muy amplias, son valles en forma de “u” muy abiertas.

El sector bajo el cauce del río Tahuamanu presenta un ancho regular, variando de 150 a 180 m. Para los meses de Abril y Mayo de 1999, el Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana IIAP, en el 2000, reporta mayores niveles de velocidad de corriente media de 0.564 m/s y velocidad de corriente máxima de 0.824 m/s. En Agosto del 2006, en este sector, la velocidad promedio de corriente fue de 0.423 m/s, y de 0.968 m/s de velocidad máxima, siendo el caudal de 11.05 m³/s. La profundidad promedio fue de 0.39 y la profundidad máxima fue de 0.80 m, con un ancho del cauce de 62 m. Sin embargo, en Mayo del 2010, a la altura del puente San Lorenzo, se registró un ancho de 65 m, una profundidad promedio de 3 m y una máxima de 6 m. La velocidad promedio fue de 0.9 m/s, siendo el caudal de 175 m³/s. El fondo de su cauce se encuentra

conformado por material areno-arcilloso. Su cauce principal puede ser navegable con canoas, botes peque- peque y deslizadores.

2.14.2. Ubicación Geográfica

Geográficamente se encuentra ubicado en la parte norte de la cuenca del Madre de Dios, entre las coordenadas UTM WGS84 472,913 – 8'732,918 y 237,600 – 8'786,684. La cuenca Orthon, en el ámbito del estudio, se encuentra orientada de NO a SE y ocupa pisos altitudinales desde los 300 msnm, y en el límite fronterizo con Bolivia, hasta los 500 msnm.

2.14.3. Demarcación Hidrográfica

El río Tahuamanu es uno de los afluentes, en territorio peruano, del río Madre de Dios, que cambia su nombre a río Orthon al entrar a Bolivia. La cuenca se encuentra dentro del ámbito de la AAA Madre de Dios, abarca 15190.2 km² de superficie y un perímetro de 961.32 km. Representa el 14% de la AAA.

2.14.4. Demarcación Política

La cuenca del río Orthon se ubica en el sector norte de la región Madre de Dios, formando parte del límite natural fronterizo entre Perú y Bolivia al SE. Pertenece a la provincia de Tahuamanu y a la de Tambopata, en un 75% y 25% respectivamente.

2.14.5. Ecología

La cuenca presenta unas zonas de vida que van desde bosque muy húmedo-subtropical en la parte alta a bosque húmedo-subtropical en la parte baja pasando por transiciones.

2.14.6. Características Fisiográficas

La zona presenta características de colinas bajas en la parte alta, con lomada en Iberia y terrazas altas ligeramente disectadas.

2.14.7. Recursos Hídricos Superficiales

El sector estudiado del río Tahuamanu llega una Consociación de afluentes que forman sub-cuencas de diversa magnitud y forma. El río Tahuamanu tiene como principales afluentes a los ríos Titimanu y Santa Cruz, en territorio peruano. Los tributarios más importantes del río Tahuamanu, de su margen izquierda son: río Nareuda (que desemboca al Tahuamanu en el Brasil), quebrada Pacahuara; por su margen derecha: los ríos Muyumanu y Manuripe, ambos confluyen al río Tahuamanu en territorio Boliviano. El río Manuripe se une al Tahuamanu aguas abajo de la confluencia del río Buyumanu, en el poblado de Puerto Rico, y tiene como afluente importante el río Mavila. Otras quebradas de menor longitud de recorrido como son: Buyuyoc, Shiringayoc, Pampa Hermosa, Malecón, Planchón.



Foto N° 2.6: Río Tahuamanu a la altura del Puente San Lorenzo.

Río Manuripe

La cuenca del río Manuripe se ubica en el sector sur de la cuenca del río Tahuamanu. El río Manuripe es un afluente de la margen derecha del río Tahuamanu. Forma un sistema de terrazas y tiene un recorrido NO-SE. Su longitud en territorio peruano, desde sus nacientes a la frontera con Bolivia, es de 236 Km. El río Manuripe se presenta como un río de tipo meándrico, presentando meandros pequeños y escasez de cochas. Su cauce lo constituye material predominantemente areno arcilloso. Durante los periodos de muestreo, Agosto del 2006, a la altura del Puente Mavila se registró un ancho de 26.6 m con profundidad media de 0.88 m y profundidad máxima de 1.35 m. Su velocidad de corriente promedio fue de 0.356 m/s y máxima de 0.507 m/s, teniendo un caudal de 9.50 m³/s. Mayores valores de velocidad de corriente son reportados el IIAP (2000) para los meses de Abril y Mayo de 1999; donde la velocidad de corriente media fue de 0.599 m/s y la velocidad de corriente máxima fue de 0.675 m/s. Sin embargo, en Mayo del 2010, a la altura del puente Mavila I se registró un ancho de 25 m, una profundidad promedio de 3 m y una máxima de 5 m. La velocidad promedio fue de 0.45 m/s, siendo el caudal de 33 m³/s. Su cauce principal puede ser navegable con canoas, botes peque-peque y deslizadores.



Foto N° 2.7: Río Manuripe a la Altura de CP Mavila.

2.15.UNIDAD HIDROGRAFICA RÍO LAS PIEDRAS N5 (46646)

2.15.1. Diagnóstico del Recurso Hídrico Superficial

Llamado también río Tacuatimanu. Es el principal afluente por la margen izquierda del río Madre de Dios en territorio peruano; nace en las colinas que forman la divisoria de aguas con el río Shepagua (cuenca del Ucayali). Tiene un extenso recorrido que sigue una dirección predominante NO a SE, de aproximadamente 790 km de longitud. Su sinuoso recorrido sigue hasta su desembocadura con el río Madre de Dios, en las inmediaciones de Puerto Maldonado. En este punto el río tiene un ancho de 150 m. Tiene un ancho promedio de 120 m y máximo de 260 m cerca de su desembocadura. En la parte baja, el río presenta material de fondo con características arcillosas y pedregosas. La velocidad de la corriente es muy alta, con niveles de velocidad media de 1.536 m/s y velocidad máxima de 1.731 m/s, durante los meses de Abril y Mayo de 1999 (IIAP 2000). En junio del 2010, a la altura del CCNN Puerto Nuevo se registro un ancho de 105 m, una profundidad promedio de 0.9 m y una máxima de 1.5 m. La velocidad promedio fue de 1 m/s, siendo el caudal de 94 m³/s. Sin embargo existen estudios de caudales de hasta 1200 m³/s. Su cauce principal puede ser navegable con canoas, botes peque-peque y deslizadores.

2.15.2. Ubicación Geográfica

Geográficamente se extiende de NO a SE de la cuenca del río Madre de Dios, entre las coordenadas UTM WGS84 474,659 – 8'617,356 y 804,475 – 8'751,273. La cuenca Orthon ocupa pisos altitudinales desde los 200 msnm en la confluencia con el río Madre de Dios hasta los 500 msnm en el Alto Purús.

2.15.3. Demarcación Hidrográfica

La cuenca se encuentra dentro del ámbito del AAA Madre de Dios, abarca 18943.3 km² de superficie y un perímetro de 1111.36 km. Representa el 14% de AAA.

2.15.4. Demarcación Política

La cuenca del río De las Piedras abarca casi en su totalidad a la provincia del Tambopata en un 90% (así como su distrito) y un 10% a la provincia de Tahuamanu.

2.15.5. Ecología

En la parte alta, la cuenca presenta zonas de vida de bosque muy húmedo, en la parte media, transición de bosque húmedo - Subtropical / bosque muy húmedo - Subtropical – Subtropical y, en la parte baja, bosque húmedo - Subtropical.

2.15.6. Características Fisiográficas

La margen derecha del río presenta Colinas bajas moderadamente disectadas y en la margen izquierda Colinas bajas fuertemente disectadas. En la parte alta del cauce del río, presenta terrazas bajas con drenaje bueno a moderado y en la parte baja terrazas bajas con drenaje imperfecto a pobre.

2.15.7. Recursos Hídricos Superficiales

El río De Las Piedras posee muchos afluentes y los principales le dan sus aguas por la margen derecha, pudiendo citarse entre éstos los siguientes ríos: Ceticayu, Citiyacu, Chanchamayo, San Francisco, Lidia, Cariyacu, Pariamanu y Pariamarca. Por su margen izquierda, el río Huáscar. La cuenca del río Las Piedras está poco poblada y sólo algunos fundos se localizan aisladamente en sus orillas, sin embargo es en esta Cuenca que existen varios grupos de Nativos no contactados y en aislamiento Voluntario.

En cuanto a quebradas, existen varias de las cuales las principales son: Belén, Boleo, Mercedes, etc.

Existen 4 lagos importantes: Cachonale, Soledad, Trigoso y Tipishca.



Foto N° 2.8: Río De las Piedras a la altura de CCNN Puerto Nuevo

2.16. HIDROGRAFÍA INTERCUENCA ALTO, MEDIO ALTO Y MEDIO MADRE DE DIOS N5 (46649, 46647, 46645)

2.16.1. Diagnóstico del Recursos Hídricos Superficiales

El río Madre de Dios es tributario de la cuenca del río Beni y se forma por la unión de los ríos Alto Madre de Dios y Manu. El primero tiene sus orígenes por las fuentes del río Pilcopata, que nace en el Nevado de Pucará, al sureste de la ciudad de Paucartambo en el departamento de Cusco, el segundo, su tramo más largo, nace colindante a la cuenca del Urubamba en el departamento de Madre de Dios. Inicialmente, el curso principal tiene una dirección NO-SE hasta la confluencia con el río Colorado y posteriormente su recorrido es O-E hasta la frontera, en territorio Boliviano. Su longitud desde la naciente, en el río Manu, es de 920 km. Desde su origen hasta el río Tambopata, el curso presenta meandros cerrados con lagunas en forma de “u”, originados de los meandros abandonados debido a la migración lateral del río. A partir de la desembocadura del Tambopata el curso presenta meandros más abiertos, observándose estirones de más de 6 Km de longitud, las lagunas son más grandes y la disminución en número es notoria. Las áreas de inundación son amplias con valles en forma de “U” muy abiertas.

Es importante indicar que la constitución de su lecho está formado por sedimentos de diámetros muy gruesos: arenas, cascajo y rocas; así como la presencia de grandes formaciones de arcilla en algunas márgenes, lo que le brinda cierto grado de estabilidad al cauce. En el sector boliviano, el cauce del Río Madre de Dios, carece de material grueso. El ancho medio del cauce es de 500.0 m.

Por otro lado, la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina, en el periodo de vaciante de 1987, también encontró velocidades rápidas a muy rápidas en sectores del río, correspondientes a “mal pasos”. La velocidad máxima encontrada en ese entonces fue de 2.786 m/s en el mal paso denominado Cinco Islas, ubicada a 6.5 Km río arriba de Centromin.

Su cauce principal puede ser navegable con canoas, botes peque-peque, deslizadores y embarcaciones de regular calado.

Generalmente, las cuencas altas de este río son de tipo pinnada, mientras que la parte baja es de tipo dendrítica. En las partes altas son de cauce estrecho y de material predominantemente pedregoso, con áreas de inundación escasas o inexistentes y ambientes lenticos ausentes, siendo las fluctuaciones del río una respuesta rápida de los niveles de precipitación en las cabeceras. Sin embargo, en las partes bajas el cauce es más amplio, con pronunciadas áreas de inundación con escasos ambientes lenticos.

2.16.2. Ubicación Geográfica

Geográficamente se extiende de NO a SE de la cuenca del río Madre de Dios, entre las coordenadas UTM WGS84 482,083 – 8'607,739 y 814,464 – 8'666,694. La cuenca ocupa pisos altitudinales desde los 200 msnm, en Puerto Maldonado, hasta los 1400 msnm, en la naciente del río Manu.

2.16.3. Demarcación Hidrográfica

La cuenca se encuentra dentro del ámbito del AAA Madre de Dios, abarca 36209.9 km² de superficie y un perímetro de 1513.18 km. Representa el 28% de AAA.

2.16.4. Demarcación Política

La cuenca abarca el departamento de Madre de Dios, la provincia del Manu y una parte de la provincia de Tambopata. En el departamento del Cusco abarca más de la mitad de la provincia de Paucartambo.

2.16.5. Ecología

En la parte baja o llano amazónico la cuenca presenta zonas de vida de bosque muy húmedo a bosque húmedo-Subtropical y, en la parte alta la zonas son de bosque pluvial - Montano Subtropical, pasando por un bosque pluvial subtropical.

2.16.6. Características Fisiográficas

En la zona de Pilcopata, la cuenca presenta variaciones marcadas en su relieve, que van desde colinas bajas fuertemente disectadas en la parte baja a montaña alta muy empinada en la parte alta.

2.16.7. Recursos Hídricos Superficiales

Los afluentes más importantes del río Madre de Dios son: Colorado, Inambari, Tambopata y Heath, por su margen derecha; Manu, Los Amigos y Las Piedras, por su margen izquierda. Los tributarios de la margen derecha no han alcanzado una mayor evolución en su desarrollo debido a la proximidad y al brusco escarpamiento de la Sierra de Carabaya, que aunado a las intensas precipitaciones, estos ríos descienden con velocidad y fuerte poder de erosión, aunque con corto desarrollo. En cambio, los ríos de la margen izquierda divagan en un medio arcilloso y relativamente colinoso, siendo de amplio desarrollo, escaso poder de erosión, velocidad y fondo, presentando numerosas curvas y contra curvas.

Otros afluentes del río Madre de Dios por su margen derecha son: Carbón, Blanco, Azul, Chilive, Palma Real.

Río Alto Madre de Dios

Tiene sus orígenes en los Andes del Sur del Perú en el nevado de Pucará al sur-este de Paucartambo en la región del Cuzco donde recibe el nombre de río Pilcopata que al unirse con el río Piñipiñi por su margen izquierda, adopta el nombre de Alto Madre de Dios. En la región de Madre de Dios este río tiene 116 Km de longitud, con ancho máximo de 350 m. El curso tiene dirección SO-NE hasta su unión con el río Manu para formar el río Madre de Dios.

Tomando en consideración la clasificación de Way, el río Alto Madre de Dios se caracteriza por ser de curso rectilíneo en su parte alta y de textura media, mientras que en la parte media y baja es de curso reticulado y de textura gruesa, trenzado, presentando, además, escasez de cuerpos lenticos.

Los principales afluentes de su margen izquierda son los ríos: Pantiacolla, Piñipiñi y Palotoa, mientras que los ríos menores, tales como Carbón,

Salvación y Shintuya, desembocan por su margen derecha. Durante el periodo de muestreo (Agosto 2008), el río Alto Madre de Dios presenta aguas claras, translúcidas verdosas y fondo del cauce compuesto de material pedregoso. Se registró una profundidad promedio de 1.78 m con ancho de 100 m en promedio, siendo el caudal de 223.46 m³/s con velocidad media de 0.99 m/s y velocidad máxima de 1.35 m/s. En julio del 2010 se registro una velocidad media de 1.7 m/s.

Río Manu

El río Manu se origina en las colinas bajas ubicadas entre las cuencas de los ríos Madre de Dios y Urubamba. Su recorrido general tiene una dirección NO-SE hasta su unión con el río Alto Madre de Dios para formar el río Madre de Dios. Tiene una longitud aproximada de 418 Km siendo de curso meándrico, con meandros muy cerrados, que han dado origen a un gran número de ambientes lenticos pequeños (cochas y tipishcas).

Los principales afluentes del río Manu fluyen por su margen derecha y tienen su origen en la Cordillera oriental de los Andes en el departamento del Cuzco, entre ellos tenemos a los ríos Sotileja, Fierro, Cumerjali, Cachivi, Providencia, Panagua, Codo y Pinquén; los afluentes menores desembocan por su margen izquierda como los ríos Paca, Rubia, Shahuinto, y Cashpajali.

Durante el periodo de muestreo (Agosto 2008), el río Manu presenta aguas blancas, turbias y fondo del cauce compuesta de material pedregoso. Se registró una velocidad media de 0.43 m/s y velocidad máxima de 0.52 m/s.

Río Blanco

Se origina en las colinas bajas de la Cordillera Oriental del departamento; siendo su principal afluente la Quebrada Agua Negra. Tiene una longitud de 97 Km y un ancho máximo de 118 m cerca de su desembocadura en el río Madre de Dios. Durante el periodo de muestreo (Agosto 2008) la profundidad promedio del río fue de 1.89 m y con ancho de 51 m. Se registró un caudal de 2.81 m³/s, con velocidad media de 0.07 m/s y velocidad máxima de 0.1 m/s.

Río Chilive

Se origina en las colinas bajas de la Cordillera Oriental del departamento; siendo su principal afluente el río Azul. Tiene una longitud de 124 Km y un ancho máximo de 300 m cerca de su desembocadura en el río Madre de Dios.

Río Colorado

Se origina en las colinas bajas de la Cordillera Oriental del departamento del Cuzco; siendo sus principales afluentes por la margen izquierda los ríos Huasoroco y Cupodnoe y, por la margen derecha, los ríos Pukiri y Huapetuhe. Tiene una longitud de 100 Km con un ancho de 200 m, en promedio; sin embargo, el cauce del río puede pasar los 500 m de ancho en la desembocadura con el río Madre de Dios. Durante el periodo de

muestreo (Agosto 2008) se registró una profundidad media de 0.43 m con un ancho de 270 m. El caudal registrado fue de 123.66 m³/s con velocidad media de 0.88 m/s y velocidad máxima de 1.48 m/s. Este río presenta grandes alteraciones en su cauce producto de la minería aurífera



Foto N° 2.9: Río Colorado cerca a desembocadura con el río Madre de Dios

Río Los Amigos

Es un río meándrico, de 330 Km de longitud y un ancho promedio de 100 m. Adyacentes, se encuentran lagunas pequeñas en forma de media luna. Su cuenca tiene una extensión de 4345.35 km² representando el 5.10 % del área total del departamento.

2.17. HIDROGRAFÍA INTERCUENCA MEDIO BAJO MADRE DE DIOS N5 (46643) – RÍO HEATH

2.17.1. Diagnóstico del Recurso Hídricos Superficial

El río Heath es el río principal en esta Intercuenca por ser el más largo y representativo. El río Heath nace en las estribaciones inferiores orientales de la Sierra de Carabaya, pero en la zona de Bolivia. La longitud de su cauce hasta su confluencia con el río Madre de Dios (Puerto Pardo) es de 165 Km y va en forma transversal al río Madre de Dios. Por el relativo alejamiento de este sector de la sierra y divagar en un medio fuertemente arcilloso, se diferencia grandemente de sus vecinos de margen (Inambari y Tambopata), asemejándose mucho a las características meándricas de los ríos de la margen izquierda. Es importante por su carácter internacional, a lo largo de todo su recorrido sirve de límite con Bolivia, su desembocadura en el río Madre de Dios, se produce en el punto más oriental del territorio peruano. Su nombre es en homenaje al explorador Edwin Heath.

En Junio del 2010 a la altura de la CCNN Sonene, se registró un ancho de 62 m, una profundidad promedio de 1 m y una máxima de 2.5 m. La velocidad promedio fue de 0.8 m/s, siendo el caudal de 50 m³/s. Su cauce principal puede ser navegable con canoas, botes peque-peque y deslizadores.

2.17.2. Ubicación Geográfica

Geográficamente se localiza al este de la cuenca y es también la parte más oriental del Perú. El río Heath se extiende entre las coordenada UTM WGS84: 500,240 – 8'480,505 y 537,776 – 8'617,890. La cuenca ocupa pisos altitudinales, desde los 200 msnm en la desembocadura con el río Madre de Dios (Puerto Pardo), hasta los 1700 msnm en la naciente del río Heath, en Puno.

2.17.3. Demarcación Hidrográfica

La cuenca se encuentra dentro del ámbito de la AAA Madre de Dios, abarca 5648.1 km² de superficie y un perímetro de 627.89 km. Representa el 5% de la AAA. El río Heath se extiende de S-N.

2.17.4. Demarcación Política

La cuenca pertenece al departamento de Madre de Dios y Puno en un 64% y 36% respectivamente. En Madre de Dios es parte de la provincia de Tambopata y en Puno, parte de la provincia de Carabaya.

2.17.5. Ecología

En la parte baja presenta zonas de vida de bosque húmedo – Subtropical, en la parte media un bosque muy húmedo - Subtropical y en la parte alta la zonas son de bosque pluvial - Subtropical.

2.17.6. Características Fisiográficas

La cuenca presenta ciertas variaciones en su relieve, que van desde terrazas altas ligeramente disectadas o llanuras aluviales en la parte baja a Montañas altas empinadas en la parte alta, en la zona de Puno.

2.17.7. Recursos Hídricos Superficiales

Los afluentes más importantes del río Heath son los ríos Sabaluyo, Bravo, Wiener, Cacahuillo.

En Junio del 2010, a la altura de la desembocadura con el río Madre de Dios, se registró un ancho de 25 m, una profundidad promedio de 1.5 m y una máxima de 2.5 m. La velocidad promedio fue de 0.85 m/s, siendo el caudal de 32 m³/s. Su cauce principal puede ser navegable con canoas, botes peque-peque y deslizadores.

Entre las Quebradas se encuentran: Palma Real Chico, Briolo, Concepción, Otorongo por la margen derecha y la Quebrada Valencia, por la margen izquierda.

En esta cuenca se encuentra el Lago Valencia, que es el más grande de la toda la cuenca del río Madre de Dios, por tener una longitud de 7 km, un ancho de 380 m y una profundidad de 7 m. El Lago Sandoval es más pequeño, pero es más visitado por el turismo.



Foto N° 2.10: Lago Valencia.

2.18.UNIDAD HIDROGRAFICA RÍO INAMBARÍ

2.18.1. Diagnóstico del Recurso Hídrico Superficial

El río Inambari se origina en la Sierra de Carabaya, en la Laguna de Japucocha (5000 msnm), departamento de Puno, con el nombre río Sina, de ahí recorre una longitud de 448 Km hasta su desembocadura en el Madre de Dios con ancho máximo efectivo de 500 m. Sigue una dirección de Sur a Norte y luego de formar una pronunciada curva, cambia de rumbo y se dirige de Este a Oeste, con el nombre de río Huari-Huari, hasta la desembocadura del río Coaza, por la margen izquierda, donde toma el nombre de río Inambari. Cambiando su dirección de Sureste a Noroeste. Al confluir con el río San Gabán, que llega por la margen izquierda, cambia nuevamente su dirección y corre de Sur a Norte. El río Inambari adquiere su mayor desarrollo a partir de la confluencia, por la margen izquierda, del río Araza (cerca de Puerto Leguía). Pertenece a los ríos de tipo transversal, es decir discurre cortando la secuencia estructural de las rocas. A partir de esta desembocadura, el río sigue un alineamiento casi recto hasta la localidad de Puerto Carlos, a partir de la cual gira bruscamente a la derecha, siguiendo otro alineamiento hasta su confluencia con el río Madre de Dios. Estos dos tramos corresponden, evidentemente, a alineamientos de fallas que condicionan el emplazamiento del cauce y que, en el caso del segundo alineamiento, se prolonga extensamente hasta aguas abajo del límite fronterizo con Bolivia.

En Junio del 2010, a la altura de Puerto Carlos, se registró un ancho de 286 m, una profundidad promedio de 3 m y una máxima de 6 m. La velocidad promedio fue de 1.2 m/s, siendo el caudal de 1368 m³/s, también se registró otro caudal de 1200 m³/s. El fondo de su cauce se encuentra conformado por material limoso y en la orilla gravosa. Su cauce principal puede ser navegable con canoas, botes peque-peque y deslizadores.

Este río es famoso por sus lavaderos de oro que atraen a miles de aventureros y compañías mineras para la explotación aurífera. Por ejemplo, el río Caychihue (Camino a Huapetuhe) y la quebrada Guacamayo (parte baja de la cuenca) existe una intensa explotación aurífera trayendo funestas consecuencias ambientales, debido a que el bosque amazónico ha sido erradicado totalmente de la cuenca, quedando un paisaje deteriorado, sin cobertura vegetal y sin suelo.

2.18.2. Ubicación Geográfica

Geográficamente se localiza al extremo Sur de la cuenca limitando con la cordillera del Carabaya. El río Inambari se extiende entre las coordenadas UTM WGS84: 419,602 – 8'593,980 y 472,122 – 8'383,265. La cuenca ocupa pisos altitudinales desde los 225 msnm en la desembocadura con el río Madre de Dios (Boca Inambari), hasta los 5000 msnm en la naciente del río Inambari en Puno.

2.18.3. Demarcación Hidrográfica

La cuenca se encuentra dentro del ámbito de la AAA Madre de Dios, abarca 20174.9 km² de superficie y un perímetro de 1146.36 km. Representa el 18% de AAA.

2.18.4. Demarcación Política

Es la única cuenca que tiene parte de los tres Gobiernos Regionales, Madre de Dios, Puno y Cusco, los cuales equivalen a 9%, 67% y 24% respectivamente. En Madre de Dios es una pequeña parte de la provincia de Tambopata, en Puno es parte de la provincia de Carabaya y Sandia y en Cusco abarca todo la provincia de Quispicanchis.

2.18.5. Ecología

En la parte baja presenta zonas de vida de bosque muy húmedo - Subtropical, en la parte media un bosque pluvial - Subtropical y en la parte alta la zonas son de paramo y tundra pluvial - Alpino Subtropical.

2.18.6. Características Fisiográficas

La cuenca presenta grandes variaciones en su relieve que van desde Terrazas altas ligeramente disectadas o llanuras aluviales en la parte baja a cordilleras de pendientes abruptas en la parte alta, en la zona de Puno, pasando por Montañas altas muy empinadas.

2.18.7. Recursos Hídricos Superficiales

Sus principales afluentes son los ríos San Gabán, que nace al sur de Macusani y el río Araza, que nace al sur de Marcapata en el departamento del Cusco, en el nevado de Yanaloma (6111 msnm). La cuenca del río Araza es famosa por los yacimientos auríferos que existen a lo largo de su lecho. La mayoría de sus afluentes se encuentra en la margen izquierda, entre los que destacan los ríos: Sandia, San Bartolomé, Patambuco, Limbani, Coaza, Pararani y Caychihue; por la margen derecha destacan el Yahuarmayo, Chaspa, Loromayo, Jayabe, etc.

Es la cuenca con mayor cantidad de quebradas, cerca de 91, destacando las siguientes: Huacamayo Grande, Tigremayo, Dos de mayo, Lechemayo, etc.; así mismo, es la cuenca que tiene la mayor cantidad de lagunas (97 lagunas). En el Anexo II se muestra la lista de Quebradas y Lagunas. Como dato adicional en la cuenca del Inambari existen 517 glaciares, con un área de 300.81 km² que hacen un volumen de almacenamiento de 6972.7 MMC.



Foto N° 2.11: Cruzando el Río Inambari a la altura de Puerto Carlos.

2.19. UNIDAD HIDROGRAFICA RÍO TAMBOPATA

2.19.1. Diagnóstico del Recurso Hídrico Superficial

El río Tambopata nace en la Cordillera de Carabaya, de los deshielos del Nevado Salluyo (4750 msnm), con el nombre de río Saqui. Llega en forma transversal al Madre de Dios, que desde la localidad de Astillero (Puerto Markham) su curso está alineado en gran parte sobre un emplazamiento de falla de dirección Sur a Norte. En la confluencia entre el río Pilco y Maravilla nace el río Alto Tambopata, y la confluencia de este con el río Pablobamba (cerca de Putina Punco), toma el nombre de Tambopata.



Foto N° 2.12: Río Alto Tambopata entre la Confluencia del río Pilco con el río Maravilla, sector San Juan del Oro.

La dirección del curso hasta la desembocadura del río Távara es hacia el Noroeste, con un ancho promedio de 100.0 m. Siguiendo el curso del río, las inflexiones se hacen más regulares, apareciendo algunas islas y ensanchándose el cauce hasta unos 200.0 m. Tiene una longitud aproximada de 400 km.

A partir de la confluencia con el río Carama o Malinowski, su cauce sufre una importante variación en su dirección dominante, que va de Suroeste a Noreste, hasta su desembocadura con el río Madre de Dios, a la altura de Puerto Maldonado, entre terrenos bajos con presencia de grandes meandros y el ancho de su cauce se amplía hasta los 400.0 m, presentando características de curso meándrico con fondo de cascajo y presencia de caídas de agua y rápidos en algunos sectores. El río Tambopata, constituyó, en los inicios de la exploración de la Región Madre de Dios, la puerta de ingreso para la zona, por lo que sus orillas se poblaron rápidamente, a lo cual contribuyó el descubrimiento del oro.

El río Tambopata, en los meses de Abril y Mayo, presentó velocidad de corriente de tipo rápida (0.827 m/s de velocidad máxima), pero puede alcanzar mayores velocidades (1.456 m/s) como fue encontrado cerca de su desembocadura por la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina en 1987. En Junio del 2010 a la altura de la CCNN Infierno se registro un ancho de 241 m, una profundidad promedio de 12 m y una máxima de 15 m. La velocidad promedio fue de 0.8 m/s, siendo el caudal de 2313 m³/s, también hay otro registro de caudal de 1132 m³/s. El fondo de su cauce se encuentra conformado por arenoso y en la orilla arenosa. Su cauce principal puede ser navegable con canoas, botes peque-peque y deslizadores.

2.19.2. Ubicación Geográfica

Geográficamente se localiza al Sur-Este de la cuenca. El río Tambopata se extiende entre las coordenadas UTM WGS84: 482,028 – 8'607,367 y 480,244 – 8'392,938. La cuenca ocupa pisos altitudinales desde los 200 msnm, en la desembocadura con el río Madre de Dios (Puerto Maldonado), hasta los 4750 msnm en la naciente del río Tambopata en Puno.

2.19.3. Demarcación Hidrográfica

La cuenca se encuentra dentro del ámbito del AAA Madre de Dios, abarca 13280.5 km² de superficie y un perímetro de 909.25 km. Representa el 12% de AAA.

2.19.4. Demarcación Política

La cuenca comprende los departamento de Madre de Dios y Puno en un 44% y 56% respectivamente. En Madre de Dios abraza toda la provincia de Tambopata y en Puno es parte de la provincia de Carabaya y Sandía.

2.19.5. Ecología

En la parte baja presenta zonas de vida de bosque húmedo – Subtropical a bosque muy húmedo - Subtropical, en la parte media un bosque pluvial - Subtropical y en la parte alta la zonas son de paramo y bosque pluvial - Alpino Subtropical.

2.19.6. Características Fisiográficas

La cuenca presenta grandes variaciones en su relieve que van desde Terrazas altas ligeramente disectadas o llanuras aluviales en la parte baja a cordilleras de pendientes abruptas en la parte alta, en la zona de Puno, pasando por Montañas altas muy empinadas.

2.19.7. Recursos Hídricos Superficiales

El principal afluente del Tambopata es el río Carama o Malinowski y el Távara, que le da sus aguas por la margen izquierda. Otros afluentes importante por la margen izquierda: Azata, Shenahuaja, Shehetapiti, Candamo; y por la margen derecha: Elías Aguirre, Gato, Condenado, La Torre, etc.

Existen cerca de 57 quebradas, las que destacan: Chonta, Yarinal, Manuani, Sabaluyo, etc.

Existen 5 lagos, destacando el Lago Condenado en la parte baja por su gran tamaño y por ser destino de turistas extranjeros.



Foto N° 2.12: Río Tambopata, a la altura de CCNN Infierno.

III. CLIMATOLOGIA

La Caracterización Climática de la Unidad Hidrográfica de Madre de Dios, fue elaborada con la metodología de Thornthwaite, la información meteorológica disponible en el ámbito de la Cuenca, fue obtenida de diferentes estaciones meteorológicas del SENAMHI, ubicadas en diferentes puntos dentro de la cuenca y alrededor de esta. Se tiene registrada 23 estaciones, sin embargo por la falta de información en muchas de ellas y por tener mayor consistencia se ha seleccionado únicamente 10 estaciones meteorológicas, de las cuales 8 están dentro de la cuenca y 2 colindantes a ella. Entre la información obtenida se tienen variables de precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad de viento y horas de sol. El Cuadro N° 3.1 muestra las estaciones meteorológicas estudiadas con los años de registros.

La mayoría de estaciones presentan registro de información faltante que van de meses a años. Por ejemplo, la Estación Iberia (actualmente desactivada) Se ha tomado como muestra representativa una cierta cantidad de años, debido a que desde el año 1974 existe muchos meses sin información, y fue cerrado en 1995. La Estación Iñapari no tiene registro desde el año 1976 al año 1996 para temperaturas mínimas y máximas. Así mismo, las Estaciones de Salvación y Puerto Maldonado no tienen registro de Temperaturas mínimas y máximas.

Cuadro N° 3.1: Período de Registro de las Principales Variables Meteorológicas en el Ámbito de la Cuenca de Madre de Dios

	Nombre	Departamento	Provincia	Latitud	Longitud	Altitud	Precipitación	Temperatura			Humedad Relativa
							Período	Maxima	Mínima	Promedio	
1	Iberia	Madre de Dios	Tahuamanu	11° 21'1	69° 35'1	280	49 -70	50 -74	50 -74	50 -74	49 -70
2	Iñapari	Madre de Dios	Tahuamanu	10° 57'1	69° 36'1	265	64 -2008	65 - 76	65 - 76	65 - 76), (1996 - 2008	xxxxxx
3	Pakitza	Madre de Dios	Manu	11° 56'40	71° 16'59	319	2001 - 2008	2001 - 2008	2001 - 2008	2001 - 2008	xxxxxx
4	Salvación	Madre de Dios	Manu	12° 52'21.2	71° 22'2.9	548	2001 - 2007	xxxxxx	xxxxxx	87 - 88) (2001 - 2007	xxxxxx
5	Pilcopata	Madre de Dios	Manu	13° 05'1	71° 01'1	900	64 -89	64 -89	64 -89	64 -89	75 -89
6	Puerto Maldonado	Madre de Dios	Tambopata	12° 36'11.23	69° 13'40.72	256	48 -2008	xxxxxx	xxxxxx	75 - 90	75 - 90
7	Quincemil	Cuzco	Quispicanchis	13° 13'25	70° 45'55	619	(64 -78) (98 - 2009)	61 - 80	61 - 80	61 - 80	61 - 90
8	Paucartambo	Cuzco	Paucartambo	13° 19'28	71° 35'26	3042	64 -2008	90 - 2008	90 - 2008	90 - 2008	xxxxxx
9	Crucero – Carabaya	Puno	Carabaya	14° 21'20	70° 01'1	4130	71 - 2008	2000 - 2008	2000 - 2008	2000 - 2008	xxxxxx
10	Tambopata – Sandia	Puno	Sandia	14° 13'12	69° 09'8	1320	64 - 2008	90 - 2008	90 - 2008	90 - 2008	xxxxxx

3.1. CLASIFICACION CLIMATICA

Para caracterizar el clima de la Cuenca de Madre de Dios se empleó la Formula de Thornthwaite, que considera como variables meteorológicas principales la temperatura y precipitación, ya que a partir de estos es posible calcular la ETP y poder realizar el Balance Hídrico, que nos mostrará los periodos de exceso y déficit, muy útiles para la caracterización climática.

La nomenclatura de la caracterización Climática de Thornthwaite está compuesta por cuatro letras y unos subíndices. Las dos primeras letras, mayúsculas, se refieren al “Índice de humedad” y a la “Eficacia térmica” de la zona, respectivamente. Las letras tercera y cuarta, minúsculas, corresponden a la “Variación estacional de la humedad” y a la “Concentración térmica en verano” respectivamente.

Determinación del Índice de Humedad según Thornthwaite.

Es necesario hacer un balance de agua del suelo en el que intervengan: Precipitaciones medias mensuales (P); Evapotranspiraciones potenciales medias mensuales (ETP); Déficits (D) y Excesos (E) mensuales de agua.

El Índice de humedad de Thornthwaite se determina por la expresión:

$$I_h = I_E - 0,6 I_D$$

Siendo:

IE = el índice de exceso, que se calcula por la siguiente expresión:

$$I_E = \frac{E}{ETP} \cdot 100$$

ID = el índice de déficit y se calcula de la siguiente forma:

$$I_D = \frac{D}{ETP} \cdot 100$$

Determinación de la Eficiencia Térmica.

Según Thornthwaite, la Evapotranspiración Potencial (ETP) es un índice de eficacia térmica. La suma de las evapotranspiraciones potenciales medias mensuales sirve de índice de la eficacia térmica del clima considerado.

Determinación de la Variación Estacional de la Humedad.

Interesa determinar si en los climas húmedos existe periodo seco y viceversa, si en los climas secos existe periodo húmedo.

Determinación de la concentración térmica en verano.

Está determinada por la suma de la ETP durante los meses de verano, en relación con la ETP anual, y expresada en %.

$$C_v = \frac{ETP_{\text{verano}}}{ETP_{\text{anual}}} \cdot 100$$

Clasificación Climática según Thornthwaite, Tablas y parámetros de Clasificación. Los límites de separación entre los tipos hídricos, están determinados por los valores del índice hídrico y se designan con las letras mayúsculas sin acentuar; en el siguiente Cuadro, se aprecia la clasificación climática según el Índice Hídrico.

PROVINCIAS DE HUMEDAD		
Clasificación según Índice Hídrico		
TIPO	Índice de Pluvial	CLIMA
A	> a 100	Super húmedo
B4	80 a 100	Muy húmedo
B3	60 a 80	Húmedo
B2	40 a 60	Moderadamente húmedo
B1	20 a 40	Ligeramente húmedo
C2	0 a 20	Semi-húmedo
C1	(-20) a 0	Semi-seco
D	(-40 a -20)	Seco
E	(-60 a -40)	Arido

Estas provincias de humedad se subdividen atendiendo el régimen pluviométrico anual, mediante la determinación de la falta de exceso de agua.

Los sub-tipos de humedad se designan por letras minúsculas sin acentuar y su significado; se presenta en el siguiente cuadro.

SubClasificación de Humedad según Índice de Exceso e Índice de Déficit		
SUB-TIPO	Índice de Exceso (%)	CLIMA SECO (por exceso de agua)
w'2	> 20	Exceso grande en invierno
s'2	> 20	Exceso grande en verano
w'	10 a 20	Exceso moderado en invierno
s'	10 a 20	Exceso moderado en verano
d	0 a 10	Poco o ningún exceso
SUB-TIPO	Índice de Déficit (%)	CLIMA HUMEDO (por falta de agua)
w2	> 33.3	Déficit grande en invierno
s2	> 33.3	Déficit grande en verano
w	16.7 a 33.3	Déficit moderado en invierno
s	16.7 a 33.3	Déficit moderado en verano
r	0 a 16.7	Déficit pequeño o ninguno

Como parámetro para la clasificación térmica que usa la Evapotranspiración Potencial, que no es un índice hidrológico sino una función de la temperatura

media solar. Los límites entre los tipos térmicos se designan con letras mayúsculas acentuadas; el siguiente Cuadro indica la clasificación térmica según la evapotranspiración.

PROVINCIAS TERMICAS		
Provincias Térmicas según Índice de Evapotranspiración Potencial		
TIPO	Eto (cm)	CLIMA
A'	> a 114.0	Cálido
B'4	99.7 a 114.0	Semicálido
B'3	85.5 a 99.7	Templado cálido
B'2	71.2 a 85.5	Templado frío
B'1	57.0 a 71.2	Semi frío
C'2	42.7 a 57.0	Frío moderado
C'1	28.5 a 42.7	Frío acentuado
D'	14.2 a 28.5	De tundra
E'	< a 14.2	Helado

Estos tipos climáticos se subdividen en sub-tipos, teniendo en cuenta el régimen térmico anual, según el porcentaje de concentración de calor anual, dentro del período estival o de verano.

Estos sub-tipos se especifican por medio de letras minúsculas acentuadas y su significado se señala en el Cuadro siguiente.

SubClasificación de Provincias Térmicas	
SUB-TIPO	Concentración Estival (Base % Eto del Verano)
d'	> 88.0
c'1	76.3 a 88.0
c'2	68.0 a 76.3
b'1	61.6 a 68.0
b'2	56.3 a 61.6
b'3	51.9 a 56.3
b'4	48.0 a 51.9
a'	< a 48.0

De acuerdo con el sistema de clasificación de clima propuesto, en el área de estudio han sido identificados nueve tipos climáticos en base a los datos de las estaciones de Iñapari, Iberia, Puerto Maldonado, Pakitza, Pilcopata, Quincemil, Salvación, Paucartambo, Crucero y Tambopata. Esto se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 3.2: Tipos de clima en la cuenca Madre de Dios

Clima	Codigo	Estación Meteorologica	Cuenca	Area Km2	%
1 Clima Semi-Humedo y Calido	C2 A' s'2 w a'	Iñapari	Alto Acre	170	0.2%
2 Clima Ligeramente - Húmedo y Cálido	B1 A' s'2 r a'	Iberia	Orthon	4285	4%
3 Clima Húmedo y Cálido	B3 A' s'2 r a'	Puerto Maldonado	Medio Alto MDD, Medio MDD y Tambopata	21092	19%
4 Clima Moderadamente - Húmedo y Cálido	B2 A' s'2 r a'	Pakitza	Alto MDD	7466	7%
5 Clima Super - humedo y Calido	A A' s'2 r a'	Pilcopata	Alto MDD	42080	37%
6 Clima Super - Húmedo y Semi - Cálido	A B'4 s'2 r a'	Salvación y Quincemil	Alto MDD e Inambari	17330	15%
7 Clima Semi - Húmedo y Semi - Frio	C2 B'1 s'2 w a'	Paucartambo*	Alto MDD	9880	9%
8 Clima Húmedo y Frio moderado	B3 C'2 s'2 r a'	Crucero*	Inambari	4500	4%
9 Clima Humedo y Templado - Calido	B3 B'3 s'2 r a'	Tambopata-Sandia	Tambopata	5700	5%
*Estaciones se encuentra fuera de la cuenca, pero colindantes, por lo tanto sus climas son referenciales				112503	100%

A continuación se describe tipos de clima encontrados con los datos meteorológicos de las estaciones indicadas.

a) Clima Semi-Húmedo y Cálido (C2 A' s'2 w a')

Este tipo climático se encuentra en la intercuenca Alto Acre y corresponde a la descripción de semi-húmedo o sub-húmedo y cálido, con exceso de agua en verano y déficit moderado de agua en invierno. Los valores de temperatura y lluvia usados para su identificación provienen de los datos de la Estación de Iñapari.

Este clima domina todo el área perteneciente a la intercuenca Alto Acre y la frontera con Brasil y Bolivia. Presenta como características más saltantes su baja pluviosidad (1600 mm promedio) y temperaturas tropicales del orden de los 25°C promedio. Estos parámetros pueden variar entre valores extremos de pluviosidad de 1500 a 2300 mm y 18.38°C a 30.69°C de temperatura; a su vez, la humedad relativa tiene un promedio anual de 95.2%. Los vientos predominantes son de NW, N y S. las velocidades extremos de vientos oscilan entre 25 y 2 Km/h. Es interesante indicar que las temperaturas frías van acompañadas del pasaje de vientos generalmente lentos.

Cuadro N° 3.3: Resultados Clasificación Climática Estación Iñapari

Clasificación Climática según Thornthwaite Estación Iñapari	
Índice de humedad de Thornthwaite (Ih) $Ih = IE - 0,6 ID$ Ih: 17.42 Semi-húmedo	Provincias Térmicas según Índice de Evapotranspiración Potencial Etp anual en cm. 139.7384 Cálido
IE = el índice de exceso, que se calcula por la siguiente expresión: $IE = (E / Etp) * 100$ IE: 23.67 Exceso grande en verano	
ID = el índice de déficit y se calcula de la siguiente forma: $ID = (D / Etp) * 100$ ID: 10.41 Déficit moderado en invierno	C2 A' s'2 w a'
Concentración Térmica en Verano (Cv) $Cv = (Etp \text{ verano} / Etp \text{ anual}) * 100$ Cv: 35.68 a'	

b) Clima Ligeramente - Húmedo y Cálido (B1 A' s'2 r a')

Este tipo climático se encuentra en la cuenca Tahuamanu u Orthon y corresponde a la descripción de ligeramente húmedo y cálido, con exceso grande agua en verano y déficit pequeño de agua. Los valores de temperatura y lluvia usados para su identificación provienen de los datos de la Estación de Iberia.

Este clima domina toda el área perteneciente a la cuenca Tahuamanu y la frontera con Bolivia. Presenta como características más saltantes su baja pluviosidad (1600 mm promedio) y temperaturas tropicales del orden de los 25°C promedio. Estos parámetros pueden variar entre valores extremos de pluviosidad de 1100 a 2000 mm y 19.18°C a 30.94°C de temperatura; a su vez, la humedad relativa tiene un promedio anual de 68.30%. Los vientos predominantes son de NW, N y S. Las velocidades extremos de vientos oscilan entre 25 y 2 Km/h. Las horas de sol promedio diaria es de 4.6.

Cuadro N° 3.4: Resultados Clasificación Climática Estación Iberia

Clasificación Climática según Thornthwaite Estación Iberia	
Índice de humedad de Thornthwaite (Ih) $Ih = IE - 0,6 ID$ Ih: 22.85 Ligeramente húmedo IE = el índice de exceso, que se calcula por la siguiente expresión: $IE = (E / Etp) * 100$ IE: 26.62 Exceso grande en verano ID = el índice de déficit y se calcula de la siguiente forma: $ID = (D / Etp) * 100$ ID: 6.28 Déficit pequeño o ninguno Concentración Térmica en Verano (Cv) $Cv = (Etp \text{ verano} / Etp \text{ anual}) * 100$ Cv: 37.31 a'	Provincias Térmicas según Índice de Evapotranspiración Potencial Etp anual en cm. 136.5399 Cálido B1 A' s'2 r a'

c).- Clima Húmedo y Cálido (B3 A' s'2 r a')

Este tipo climático comprende las intercuenas de Medio Alto Madre de Dios, Medio Madre de Dios y la Cuenca del Tambopata y corresponde a la descripción de húmedo y cálido, con exceso grande agua en verano y déficit pequeño de agua. Los valores de temperatura y lluvia usados para su identificación provienen de los datos de la Estación Puerto Maldonado.

Este clima domina toda el área perteneciente a las intercuenas de Medio Alto Madre de Dios, Medio Madre de Dios, Medio Bajo Madre de Dios, la Cuenca baja del Tambopata y la frontera con Bolivia. Presenta como características más saltantes su regular pluviosidad (2300 mm promedio) y temperaturas tropicales del orden de los 25.4°C promedio. Estos parámetros pueden variar entre valores extremos de pluviosidad de 900 a 3000 mm; a su vez, la humedad relativa tiene un promedio anual de 81.10%. Los vientos predominantes son de NW y NE. Las velocidades extremos de vientos oscilan entre 2 y 6 Km/h. Las horas de sol promedio diaria es de 4.7.

Cuadro N° 3.5: Resultados Clasificación Climática Estación Puerto Maldonado

Clasificación Climática según Thornthwaite Estación Puerto Maldonado	
Índice de humedad de Thornthwaite (Ih) $Ih = IE - 0,6 ID$ Ih: 61.98 Húmedo IE = el índice de exceso, que se calcula por la siguiente expresión: $IE = (E / Etp) * 100$ IE: 63.21 Exceso grande en verano ID = el índice de déficit y se calcula de la siguiente forma: $ID = (D / Etp) * 100$ ID: 2.04 Déficit pequeño o ninguno Concentración Térmica en Verano (Cv) $Cv = (Etp \text{ verano} / Etp \text{ anual}) * 100$ Cv: 35.74 a'	Provincias Térmicas según Índice de Evapotranspiración Potencial Etp anual en cm. 141.4723 Cálido B3 A' s'2 r a'

d).- Clima Moderadamente - Húmedo y Cálido (B2 A' s'2 r a')

Este tipo climático se encuentra en la cuenca Alto Madre de Dios y corresponde a la descripción de moderadamente húmedo y cálido, con exceso grande de agua en verano y déficit pequeño de agua. Los valores de temperatura y lluvia usados para su identificación provienen de los datos de la Estación de Pakitza.

Este clima domina la parte baja del área perteneciente a la cuenca Alto Madre de Dios hasta la confluencia entre el río Madre de Dios y el Inambari. Presenta como características más saltantes su regular pluviosidad (2100 mm promedio) y temperaturas tropicales del orden de los 25.22°C promedio. Estos parámetros pueden variar entre valores extremos de pluviosidad de 1100 a 2700 mm y 19.37°C a 31.07°C de temperatura. Los vientos predominantes son de NW y SW. Las horas de sol están alrededor de de 4.5 diarias.

Cuadro N° 3.6: Resultados Clasificación Climática Estación Pakitza

Clasificación Climática según Thornthwaite Estación Pakitza	
Índice de humedad de Thornthwaite (Ih)	Provincias Térmicas según Índice de Evapotranspiración Potencial
Ih = IE - 0,6 ID	
Ih: 51.72	Moderadamente húmedo
IE = el índice de exceso, que se calcula por la siguiente expresión	Etp anual en cm. 138.5587
IE = (E / Etp)*100	Cálido
IE: 51.72	
ID = el índice de déficit y se calcula de la siguiente forma:	
ID = (D/ Etp)*100	B2 A' s'2 r a'
ID: 0.00	
Concentración Térmica en Verano (Cv)	
Cv = (Etp verano / Etp anual)*100	
Cv: 37.57	a'

e).- Clima Súper - húmedo y cálido (A A' s'2 r a')

Este tipo climático se encuentra en la cuenca Alto Madre de Dios y corresponde a la descripción de súper húmedo y cálido, con exceso grande agua en verano y déficit pequeño de agua. Los valores de temperatura y lluvia usados para su identificación provienen de los datos de la Estación de Pilcopata.

Este clima domina toda la parte alta del área perteneciente a la cuenca Alto Madre de Dios entre las Estaciones de Paucartambo y Salvación. Presenta como características más saltantes su alta pluviosidad (3920 mm promedio) y temperatura tropical del orden de los 23.98°C promedio. Estos parámetros pueden variar entre valores extremos de pluviosidad de 2800 a 4600 mm y 19.64°C a 28.54°C de temperatura; a su vez, la humedad relativa tiene un promedio anual de 87.50%. Los vientos predominantes son de SW, N y S. Las velocidades extremos de vientos oscilan entre 25 y 2 Km/h.

Cuadro N° 3.7: Resultados Clasificación Climática Estación Pilcopata

Clasificación Climática según Thornthwaite Estación Pilcopata	
Índice de humedad de Thornthwaite (Ih) $Ih = IE - 0,6 ID$ Ih: 221.93 Super húmedo	Provincias Térmicas según Índice de Evapotranspiración Potencial Etp anual en cm. 121.6695 Cálido
IE = el índice de exceso, que se calcula por la siguiente expresión: $IE = (E / Etp) * 100$ IE: 221.93 Exceso grande en verano	
ID = el índice de déficit y se calcula de la siguiente forma: $ID = (D / Etp) * 100$ ID: 0.00 Déficit pequeño o ninguno	A A' s'2 r a'
Concentración Térmica en Verano (Cv) $Cv = (Etp \text{ verano} / Etp \text{ anual}) * 100$ Cv: 37.02 a'	

f).- Clima Súper - Húmedo y Semi - Cálido (A B'4 s'2 r a')

Este tipo climático se encuentra en la cuenca Alto Madre de Dios y corresponde a la descripción de súper húmedo y semi cálido, con exceso grande agua en verano y déficit pequeño de agua. Los valores de temperatura y lluvia usados para su identificación provienen de los datos de las Estaciones de Salvación en Madre de Dios y Quincemil en Cusco.

Este clima domina toda la parte alta del área perteneciente a la cuenca Alto Madre de Dios y parte del Inambari. Presenta como características más saltantes su alta pluviosidad (4450 y 6650 mm en promedio en Salvación y Quincemil respectivamente) y temperaturas tropicales del orden de los 22.89°C y 22.77 promedio respectivamente. Estos parámetros pueden variar entre valores extremos de pluviosidad de 4000 a 8000 mm. En Salvación en el mes de Julio del 2008 presenta un humedad relativa bastante baja de 22%, sin embargo en Quincemil muestra una HR promedio de 82.1%. Los vientos predominantes son de NW y SE. Las velocidades de vientos oscilan entre 2 y 25 Km/h. Las horas de sol promedio diaria es de 3.9

Cuadro N° 3.8: Resultados Clasificación Climática Estación Salvación

Clasificación Climática según Thornthwaite Estación Salvación	
Índice de humedad de Thornthwaite (Ih) $Ih = IE - 0,6 ID$ Ih: 303.65 Super húmedo	Provincias Térmicas según Índice de Evapotranspiración Potencial Etp anual en cm. 110.1945 Semicálido
IE = el índice de exceso, que se calcula por la siguiente expresión: $IE = (E / Etp) * 100$ IE: 303.65 Exceso grande en verano	
ID = el índice de déficit y se calcula de la siguiente forma: $ID = (D / Etp) * 100$ ID: 0.00 Déficit pequeño o ninguno	A B'4 s'2 r a'
Concentración Térmica en Verano (Cv) $Cv = (Etp \text{ verano} / Etp \text{ anual}) * 100$ Cv: 36.80 a'	

Cuadro N° 3.9: Resultados Clasificación Climática Estación Quincemil

Clasificación Climática según Thornthwaite Estación Quincemil	
Índice de humedad de Thornthwaite (Ih) $Ih = IE - 0,6 ID$ Ih: 509.88 Super húmedo	Provincias Térmicas según Índice de Evapotranspiración Potencial Etp anual en cm. 108.9862 Semicálido
IE = el índice de exceso, que se calcula por la siguiente expresión: $IE = (E / Etp) * 100$ IE: 509.88 Exceso grande en verano	
ID = el índice de déficit y se calcula de la siguiente forma: $ID = (D / Etp) * 100$ ID: 0.00 Déficit pequeño o ninguno	
Concentración Térmica en Verano (Cv) $Cv = (Etp \text{ verano} / Etp \text{ anual}) * 100$ Cv: 35.92 a'	
	A B'4 s'2 r a'



Foto N° 3.1: Zona típico de súper húmedo y semi cálido. Quincemil.

g).- Clima Semi - Húmedo y Semi - Frio (C2 B'1 s'2 w a')

Este tipo climático se encuentra en la cuenca Alto Madre de Dios y corresponde a la descripción de semi húmedo y semi frio, con exceso grande agua en verano y déficit moderado de agua en invierno. Los valores de temperatura y lluvia usados para su identificación provienen de los datos de la Estación de Paucartambo en Cusco. Esta estación, se encuentra en la cuenca del Urubamba, pero se ha tomado como referencia por ser colindante a la cuenca en estudio.

Este clima domina toda la cordillera andina entre la cuenca Alto Madre de Dios y Urubamba. Presenta como características más saltantes su baja pluviosidad (545 mm promedio) y temperaturas bajas del orden de los 13.59°C en promedio. Estos parámetros pueden variar entre valores extremos de pluviosidad de 200 a 800 mm y 7.52°C a 19.67°C de temperatura. Los vientos predominantes son de NW y SW. Las velocidades extremos de vientos oscilan entre 20 y 2 Km/h.

Cuadro N° 3.10: Resultados Clasificación Climática Estación Paucartambo

Clasificación Climática según Thornthwaite Estación Paucartambo	
Índice de humedad de Thornthwaite (Ih) $Ih = IE - 0,6 ID$ Ih: 11.87 <input type="text" value="Semi-húmedo"/>	Provincias Térmicas según Índice de Evapotranspiración Potencial Etp anual en cm. 64.5924 <input type="text" value="Semi frío"/>
IE = el índice de exceso, que se calcula por la siguiente expresión: $IE = (E / Etp) * 100$ IE: 21.73 <input type="text" value="Exceso grande en verano"/>	
ID = el índice de déficit y se calcula de la siguiente forma: $ID = (D / Etp) * 100$ ID: 16.43 <input type="text" value="Déficit moderado en invierno"/>	<input type="text" value="C2"/> <input type="text" value="B'1"/> <input type="text" value="s'2"/> <input type="text" value="w"/> <input type="text" value="a'"/>
Concentración Térmica en Verano (Cv) $Cv = (Etp \text{ verano} / Etp \text{ anual}) * 100$ Cv: 36.15 <input type="text" value="a'"/>	

h).- Clima Húmedo y Frio moderado (B3 C'2 s'2 r a')

Este tipo climático se encuentra en la cuenca Inambari y corresponde a la descripción de húmedo y frio moderado, con exceso grande agua en verano y déficit pequeño o ninguno. Los valores de temperatura y lluvia usados para su identificación provienen de los datos de la Estación de Crucero en Puno. Esta estación, se encuentra en la cuenca del Azángaro, pero se ha tomado como referencia por ser colindante a la cuenca en estudio.

Este clima influencia toda el área perteneciente a las estribaciones de la sierra de Carabaya en la cuenca alta del Urubamba. Presenta como características más saltantes su baja pluviosidad (858 mm promedio) y temperaturas frías del orden de los 6.22°C promedio. Estos parámetros pueden variar entre valores extremos de pluviosidad de 400 a 1400 mm y -2.26°C a 14.69°C de temperatura. Los vientos predominantes son de NE y E. Las velocidades de vientos oscilan entre 2 y 4 Km/h.

Cuadro N° 3.11: Resultados Clasificación Climática Estación Crucero

Clasificación Climática según Thornthwaite Estación Crucero	
Índice de humedad de Thornthwaite (Ih) $Ih = IE - 0,6 ID$ Ih: 70.18 <input type="text" value="Húmedo"/>	Provincias Térmicas según Índice de Evapotranspiración Potencial Etp anual en cm. 51.7784 <input type="text" value="Frío moderado"/>
IE = el índice de exceso, que se calcula por la siguiente expresión: $IE = (E / Etp) * 100$ IE: 70.18 <input type="text" value="Exceso grande en verano"/>	
ID = el índice de déficit y se calcula de la siguiente forma: $ID = (D / Etp) * 100$ ID: 0.00 <input type="text" value="Déficit pequeño o ninguno"/>	<input type="text" value="B3"/> <input type="text" value="C'2"/> <input type="text" value="s'2"/> <input type="text" value="r"/> <input type="text" value="a'"/>
Concentración Térmica en Verano (Cv) $Cv = (Etp \text{ verano} / Etp \text{ anual}) * 100$ Cv: 42.37 <input type="text" value="a'"/>	

i).- Clima Húmedo y Templado - Cálido (B3 B'3 s'2 r a')

Este tipo climático se encuentra en la cuenca del Tambopata y corresponde a la descripción de húmedo y templado cálido, con exceso grande agua en verano y déficit pequeño de agua. Los valores de temperatura y lluvia usados para su identificación provienen de los datos de la Estación de Tambopata en Sandia-Puno.

Este clima domina la parte alta del área perteneciente a la cuenca Tambopata y la frontera con Bolivia. Presenta como características más saltantes su baja pluviosidad (1550 mm promedio) y temperatura tropical promedio del orden de

los 20.96°C. Estos parámetros pueden variar entre valores extremos de pluviosidad de 1100 a 2000 mm y 15.73°C a 26.20°C de temperatura.

Cuadro N° 3.12: Resultados Clasificación Climática Estación Tambopata

Clasificación Climática según Thornthwaite Estación Tambopata						
Índice de humedad de Thornthwaite (Ih) $Ih = IE - 0,6 ID$ Ih: 62.99 Húmedo	Provincias Térmicas según Índice de Evapotranspiración Potencial Etp anual en cm. 94.8275 Templado cálido					
IE = el índice de exceso, que se calcula por la siguiente expresión: $IE = (E / Etp) * 100$ IE: 62.99 Exceso grande en verano	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">B3</td> <td style="padding: 5px;">B'3</td> <td style="padding: 5px;">s'2</td> <td style="padding: 5px;">r</td> <td style="padding: 5px;">a'</td> </tr> </table>	B3	B'3	s'2	r	a'
B3		B'3	s'2	r	a'	
ID = el índice de déficit y se calcula de la siguiente forma: $ID = (D / Etp) * 100$ ID: 0.00 Déficit pequeño o ninguno						
Concentración Térmica en Verano (Cv) $Cv = (Etp \text{ verano} / Etp \text{ anual}) * 100$ Cv: 36.55 a'						

En términos generales, se observa 3 grandes tipos de clima desde el índice pluviométrico y 3 desde el índice de evapotranspiración potencial, predominando un clima húmedo y cálido en la parte baja y súper húmedo y semi cálido en la parte alta.

3.2. VARIABLES CLIMATICAS

3.2.1. Temperatura.

La temperatura fue registrada tomados en cuenta las 10 Estaciones antes mencionadas que están a cargo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI, en diversas Provincias de las regiones de Puno, Cuzco y Madre de Dios, pertenecientes a la Cuenca de Madre de Dios. En el Anexo III se muestra el registro de temperatura Promedio, Máxima y Mínima mensuales de las diez Estaciones mencionadas en el ámbito de la Cuenca de Madre de Dios.

En el Cuadro N° 3.11 y Grafico N° 3.1, se presenta el valor de la Temperatura media mensual de las Estaciones analizadas. Se observa que las mayores temperaturas se encuentran en la parte baja de la cuenca, donde los valores oscilan entre 25 y 26°C, correspondiente a las Estaciones Puerto Maldonado, Iñapari, Iberia y Pakitza. Los meses de mayor Temperatura se encuentran entre Octubre y Marzo.

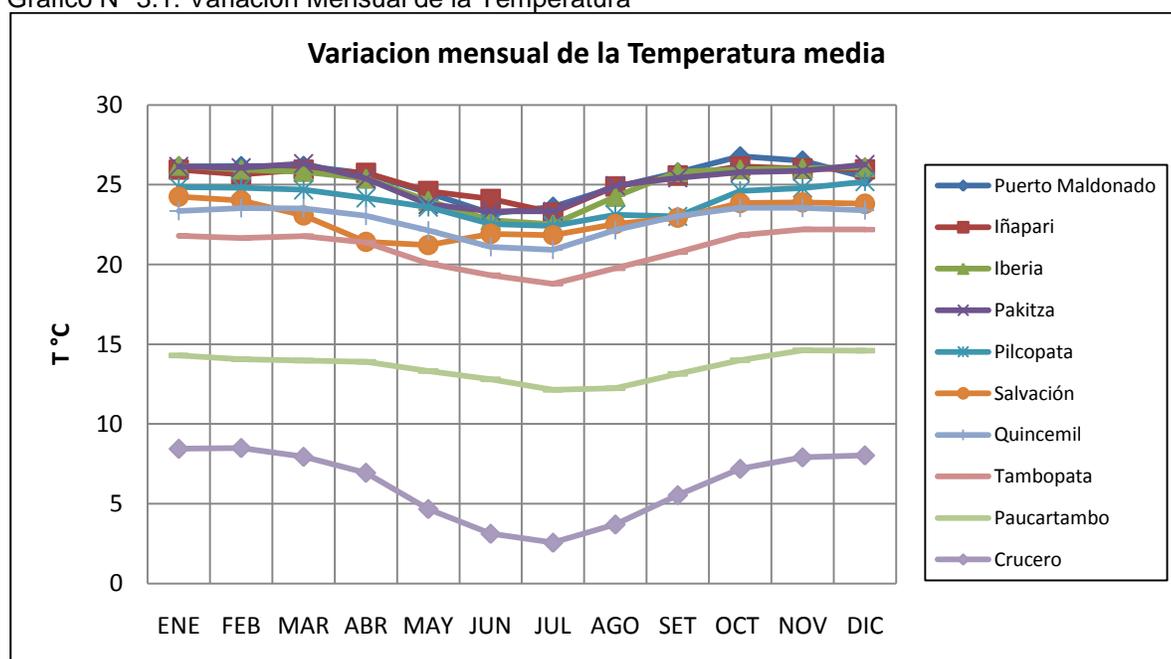
Las Unidades Hidrográficas involucradas en su totalidad son: el Alto Acre, Tahuamanu, Las Piedras, Medio Alto, Medio y Medio Bajo Madre de Dios, y parte baja del Alto Madre de Dios, del Tambopata y del Inambari; es decir, cerca del 75% del área total de la Cuenca Madre de Dios.

Los menores valores se encuentran en la parte alta, específicamente en las estribaciones de la Sierra de Carabaya. Las Estaciones Paucartambo y Crucero tienen 13.59°C y 6.22°C respectivamente, siendo Julio el mes más frío.

Cuadro N° 3.13 Temperaturas Medias mensuales (°C)

	ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA ANUAL
1	Puerto Maldonado	26.15	26.16	26.18	25.70	24.49	23.19	23.61	24.85	25.77	26.78	26.51	25.46	25.40
2	Iñapari	25.94	25.65	25.94	25.74	24.60	24.11	23.25	24.88	25.57	26.15	26.01	25.96	25.32
3	Iberia	26.19	25.95	25.81	25.38	23.99	22.78	22.51	24.24	25.80	25.96	26.03	26.11	25.06
4	Pakitza	26.14	26.07	26.31	25.38	23.76	23.34	23.33	24.95	25.43	25.78	25.86	26.27	25.22
5	Pilcopata	24.85	24.81	24.68	24.18	23.59	22.53	22.42	23.11	23.01	24.61	24.79	25.18	23.98
6	Salvación	24.24	24.01	23.07	21.41	21.22	21.93	21.84	22.53	22.93	23.85	23.88	23.80	22.89
7	Quincemil	23.36	23.53	23.52	23.05	22.13	21.10	20.92	22.15	23.03	23.55	23.56	23.40	22.77
8	Tambopata	21.80	21.65	21.78	21.38	20.06	19.33	18.79	19.77	20.77	21.83	22.20	22.19	20.96
9	Paucartambo	14.29	14.05	13.98	13.90	13.33	12.80	12.14	12.25	13.14	14.00	14.62	14.59	13.59
10	Crucero	8.45	8.50	7.95	6.95	4.67	3.12	2.56	3.70	5.54	7.19	7.91	8.04	6.22

Gráfico N° 3.1: Variación Mensual de la Temperatura



Con la información de la temperatura promedio se elaboraron mapas de isotermas mensuales y una media mensual, además como referencia se usaron datos meteorológicos del modelo climático mundial de la University of East Anglia de Inglaterra², que tiene estaciones cada 15 km, estos datos fueron calibrados con las 10 estaciones de tierra. (Ver Anexo I)

En base al mapa de isoterma media anual, se deduce que la temperatura se incrementa en el sentido de SO a NE. Así, se observa que en el sector SO, correspondiente a las estribaciones de la Sierra de Carabaya, la temperatura promedio anual varía entre 3 y 26°C. En el sector nor-oriental, la temperatura se eleva aproximadamente a 26°C como promedio anual (datos de Puerto Maldonado, Iñapari e Iberia). El sector central del área de estudio está alrededor de 24°C (datos de Pakitza y

² <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/>

Salvación). El sector sur tiene las más bajas temperaturas llegando hasta 3°C como promedio anual (datos de Quincemil, Pilcopata, Paucartambo, Crucero y Tambopata).

Estas características estarían obedeciendo a factores de orden topográfico y altitudinal, correspondiendo al sector SO a una zona de topografía accidentada con altitud promedio de alrededor de 2880 msnm (zona de Marcapata) y 4000 msnm (Zona Macusani), mientras que el sector NE corresponde a una zona de topografía llana con una altitud promedio de 240 msnm (zona Puerto Maldonado).

Cabe resaltar que a partir del mes de Mayo hasta Agosto se presenta una disminución en la temperatura, siendo Julio el mes más crítico. Esta disminución es alrededor de 2.5°C aproximadamente, como se observa en Iñapari e Iberia temperaturas alrededor de 22°C.

3.2.2. Humedad Relativa

Otro de los elementos condicionantes del clima es la humedad relativa, porque representa el contenido de vapor de agua del aire y que afecta el comportamiento de la temperatura y por ende en la característica del clima.

La humedad relativa se ha analizado a través de cuatro (04) Estaciones: Puerto Maldonado (período 1961-90), Pilcopata (1975-89), Iberia (1949-70) y Quincemil (1961-70). En el Cuadro N° 3.12 y el Gráfico N° 3.2, se presenta el valor anual y la variación mensual de la humedad relativa de las estaciones analizadas. En el Gráfico N° 3.2, se observa la distribución mensual de la humedad relativa en cada una de las estaciones analizadas, con una tendencia más o menos similar en sus curvas, aunque las Estaciones ubicadas en la selva baja (menor altitud), como Iberia y Puerto Maldonado presentan un mayor rango de variabilidad a través del año y sus promedios anuales son los más bajos, con respecto al resto de estaciones. Iberia tiene un promedio anual de 68.3 % y Puerto Maldonado 81.1%. Las estaciones Quincemil y Pilcopata alcanzan valores promedio anuales de 82.1%, 87.5%, respectivamente; ubicándose en la parte de selva alta.

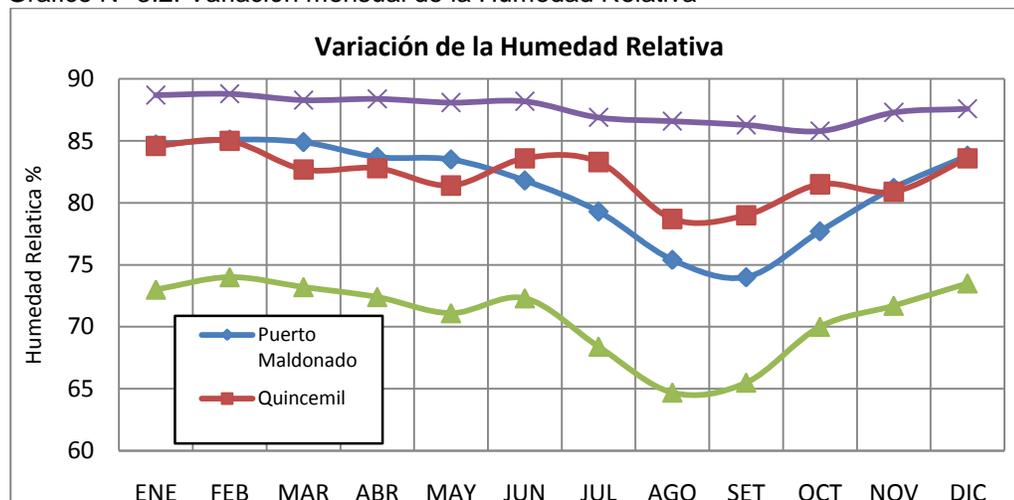
Se observa también que los valores de humedad relativa más bajos se ocurren en el periodo de estiaje; así, en la Estación de Puerto Maldonado, se da en el mes de Setiembre, con 74% de humedad relativa. En la Estación de Iberia, se da en Agosto, con un valor de 64.7%. En la Estación de Pilcopata, se da en Octubre, con un valor de 85.8%. En la Estación de Quincemil, se da en Agosto, con un valor de 78.7%.

Los porcentajes más altos de humedad relativa se presentan en los meses lluviosos, ocurriendo generalmente, en el mes de Febrero; así la Estación de Puerto Maldonado alcanza un valor de 85.1%, Iberia 74.0 %, Quincemil 85.0 %, Pilcopata 88.8%.

Cuadro N° 3.14: Humedad Relativa medias mensuales (%)

	ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO ANUAL
1	Puerto Maldonado	84,7	85,1	84,9	83,7	83,5	81,8	79,3	75,4	74,0	77,7	81,2	83,8	81,1
2	Quincemil	84,6	85,0	82,7	82,8	81,4	83,6	83,3	78,7	79,0	81,5	80,9	83,6	82,1
3	Iberia	73,0	74,0	73,2	72,4	71,7	72,3	68,4	64,7	65,5	70,0	71,7	73,5	68,3
4	Pilcopata	88,7	88,8	88,3	88,4	88,1	88,2	86,9	86,6	86,3	85,8	87,3	87,6	87,5

Gráfico N° 3.2: Variación mensual de la Humedad Relativa



3.2.3. Velocidad del Viento

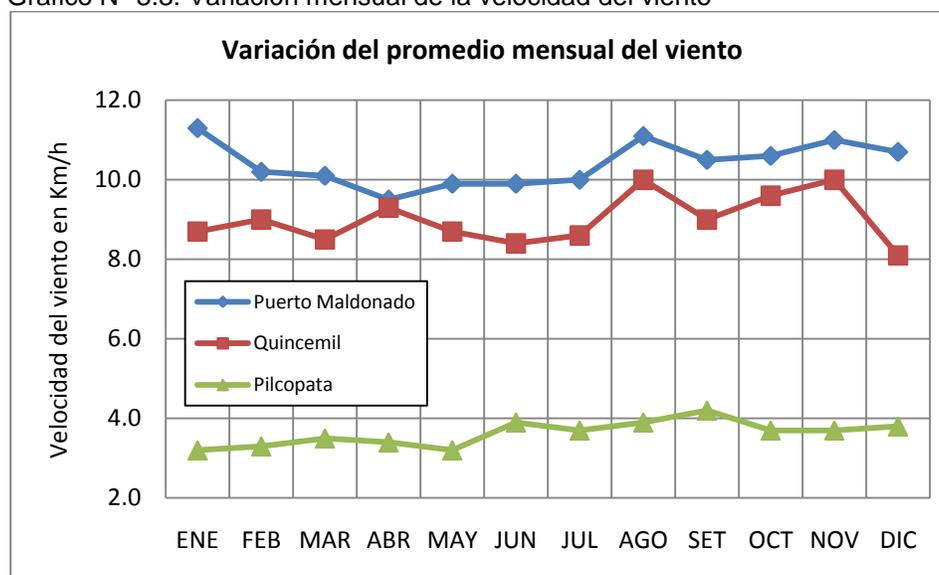
La velocidad del viento se ha analizado también en base a tres (03) Estaciones: Puerto Maldonado (período 1961-71), Quincemil (1960-70) y Pilcopata (1975-87). En el Cuadro N° 3.15 y el Gráfico N° 3.3, se presenta la distribución mensual de la velocidad del viento, así como el promedio anual de las estaciones analizadas. En el Gráfico N° 3.3, se puede observar que existe muy poca variación de la velocidad del viento a través del año. Así también, que las curvas de velocidad de las Estaciones Puerto Maldonado y Quincemil, así como de Pilcopata, siguen una tendencia similar.

La Estación de Puerto Maldonado, tiene los mayores valores de velocidad de viento, oscilando entre 9.5 km/h (Abril) a 11.3 km/h (Enero), siendo su valor promedio anual de 10.5 km/h. La Estación Quincemil tiene un valor promedio anual de 8.8 km/h, variando de 8.1 km/h (Diciembre) a 10.0 km/h (Agosto y Noviembre). En la Estación Pilcopata, la velocidad de viento tiene un valor promedio anual de 3.6 km/h, ocurriendo en los meses de Enero y Mayo su valor más bajo con 3.2 km/h y en Setiembre su valor más alto, con 4.2 km/h.

Cuadro N° 3.15: Velocidad del Viento en Km/h

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
Puerto Maldonado	11.3	10.2	10.1	9.5	9.9	9.9	10.0	11.1	10.5	10.6	11.0	10.7	10.5
Quincemil	8.7	9.0	8.5	9.3	8.7	8.4	8.6	10.0	9.0	9.6	10.0	8.1	8.8
Pilcopata	3.2	3.3	3.5	3.4	3.2	3.9	3.7	3.9	4.2	3.7	3.7	3.8	3.6

Grafico N° 3.3: Variación mensual de la velocidad del viento



En general, la velocidad media de los vientos en las estaciones indicadas varía entre un valor máximo de 11.3 km/h a un mínimo de 3.2 km/h, que de acuerdo a la escala de Beaufort se clasifican como “brisa muy débil”, la misma que se puede identificar por el movimiento de las hojas en los arboles. Este es un tipo de viento que no produce ningún efecto negativo o limitante para el desenvolvimiento de las actividades de la zona.

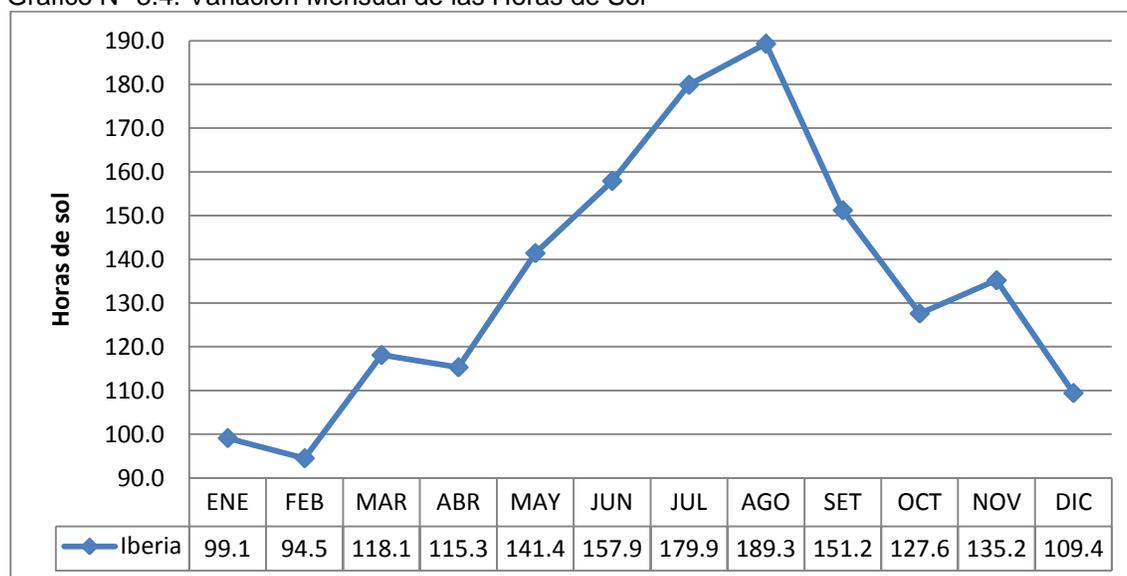
3.2.4. Horas de sol

El análisis de este elemento meteorológico se ha efectuado únicamente con datos de la Estación Iberia, que cuenta con un periodo de registro de 1954-70.

En el Grafico N° 3.4, se presenta la variación mensual de las horas de sol de la Estación Iberia.

En esta estación se ha registrado en promedio un total de 1618 horas de sol anual. Se observa, en el Gráfico N° 3.4, que la distribución de este elemento durante el año, tiene dos épocas bien marcadas de insolación: de Junio a Setiembre, con valores altos, que en promedio alcanzan a 170 horas sol al mes ó 5.6 horas diarias. La época de menores horas de sol ocurre entre los meses de Diciembre a Abril, con un promedio de 107 horas de sol mensual ó 3.5 horas diarias.

Gráfico N° 3.4: Variación Mensual de las Horas de Sol



3.2.5. Evapotranspiración Potencial

Según Thornthwaite, la evapotranspiración potencial es definida como la cantidad de agua que se evaporaría de la superficie del suelo y la transpiración de las plantas si el suelo dispusiera de humedad suficiente. Esta humedad o contenido óptimo de humedad está definido por la cantidad de agua que se retiene por la capilaridad cuando el suelo se halla en capacidad de campo.

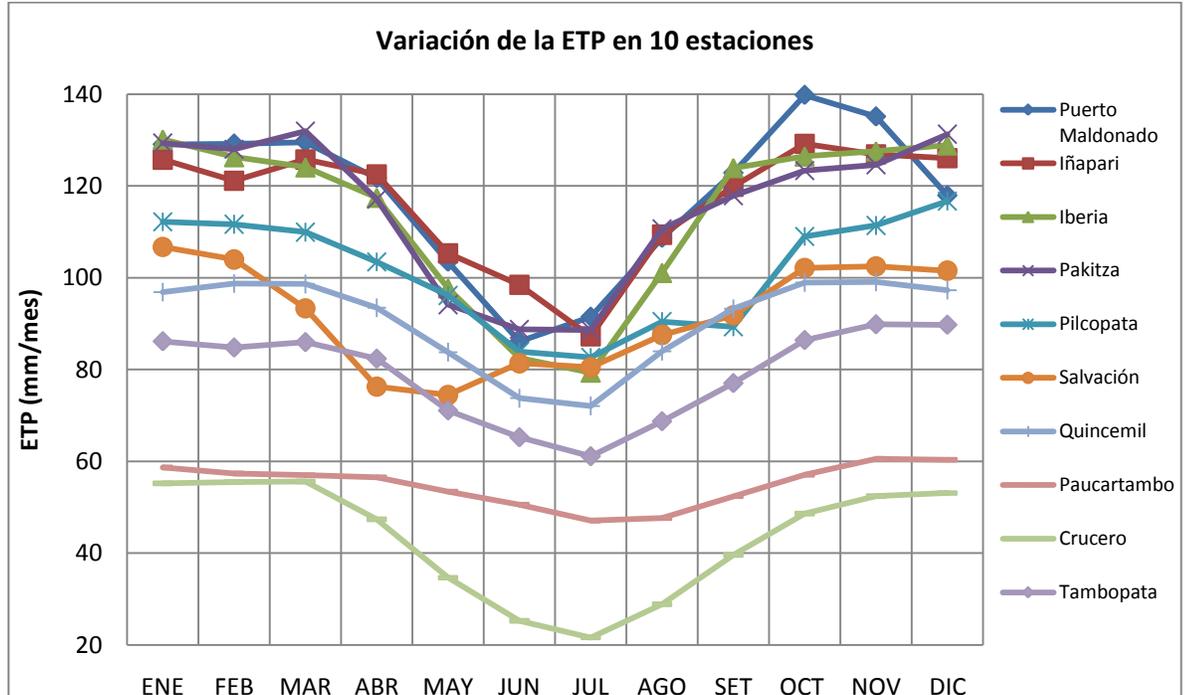
Para el cálculo de la evapotranspiración potencial por el método de Thornthwaite se usó el software HidroEsta³, que requiere como variables fundamentales la temperatura media mensual y la latitud. Teniendo estos datos se determina los valores medios mensuales de evapotranspiración de las 10 estaciones. En el Cuadro N° 3.16, se muestran los resultados de las 10 estaciones se muestran a continuación:

Cuadro N° 3.16: Resultados de la ETP en mm/mes

Cálculo de ETP Según Thornthwaite en base a la Temperatura													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL (mm/año)
1 Puerto Maldonado	129.023	129.189	129.522	121.697	103.453	86.094	91.458	108.665	122.816	139.793	135.102	117.911	1414.723
2 Iñapari	125.729	121.096	125.729	122.521	105.318	98.473	87.224	109.375	119.839	129.161	126.866	126.053	1397.384
3 Iberia	130.146	126.29	124.077	117.45	97.709	82.509	79.357	101.075	123.92	126.449	127.566	128.851	1365.399
4 Pakitza	129.32	127.99	131.934	117.111	94.132	88.733	88.607	110.668	117.877	123.336	124.608	131.271	1385.587
5 Pilcopata	112.189	111.654	109.927	103.449	96.137	83.876	82.666	90.447	89.291	109.004	111.387	116.668	1216.695
6 Salvación	106.685	103.969	93.325	76.258	74.442	81.372	80.471	87.534	91.801	102.106	102.454	101.528	1101.945
7 Quincemil	96.848	98.746	98.634	93.445	83.79	73.752	72.079	83.993	93.228	98.971	99.084	97.292	1089.862
8 Paucartambo	58.683	57.356	56.97	56.53	53.421	50.571	47.081	47.658	52.395	57.08	60.521	60.354	658.62
9 Crucero	55.206	55.462	55.624	47.352	34.653	25.246	21.613	28.863	39.628	48.631	52.416	53.09	517.784
10 Tambopata	86.129	84.766	85.947	82.343	71.067	65.233	61.099	68.716	77.015	86.403	89.825	89.732	948.275

³ Software hidrológico creado por el Ing. Máximo Villón Béjar

Gráfico N° 3.5: Variación Mensual de la ETP



Como se puede observar las mayores evapotranspiraciones se encuentran en la parte baja de la cuenca, donde los valores oscilan entre 1415 y 1385 mm/año, correspondiente a las Estaciones Puerto Maldonado, Iñapari, Iberia y Pakitza. Los meses de mayor ETP se encuentran entre Octubre y Marzo.

Las Unidades Hidrográficas donde se encuentran estos valores son: el Alto Acre, Tahuamanu, Las Piedras, Parte del Alto Madre de Dios, Medio Alto, Medio y Medio Bajo Madre de Dios, parte del Tambopata e Inambari, es decir, cerca del 75% del área total de la Cuenca Madre de Dios.

Los menores valores se encuentran en la parte que corresponde específicamente a las estribaciones de la Sierra del Carabaya. Las Estaciones de Paucartambo y Crucero tienen 658 y 517.8 mm/año respectivamente, siendo Julio el mes de menor ETP con 21.6 mm/mes.

3.2.6. Variación Estacional de la Temperatura y Viento

Régimen Térmico Anual

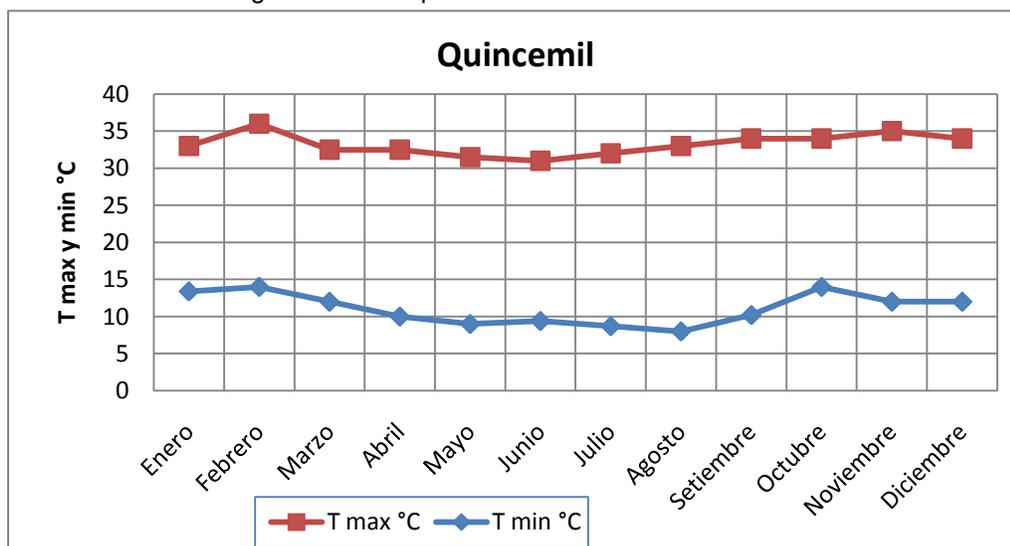
La estacionalidad es el factor más importante de variación térmica. La primavera y verano tienen la temperatura media más elevada, debido a que a un nivel macro la inclinación del eje terrestre y la perpendicularidad de los rayos solares determinan el verano del hemisferio sur; es decir, nuestro hemisferio se encuentra más irradiado que el hemisferio norte durante los meses de diciembre a marzo. Las horas de luz solar aumentan ligeramente, y a mayor exposición a los rayos solares se genera un mayor calentamiento de la zona en estos meses.

Pero en el verano, la nubosidad producida por la constante condensación, reduce tanto la incidencia de radiación solar directa como la irradiación terrestre. El resultado es un régimen de temperaturas diurnas no muy elevadas, pero noches igualmente cálidas. En invierno la menor nubosidad, permite un mayor paso de la radiación solar directa pero igualmente de la radiación terrestre. Según estas incidencias, en los días despejados se producen altas temperaturas, pero con disminución de las mismas por la noche; es decir, los inviernos tienen temperaturas día/noche más contrastadas.

Una particularidad térmica de esta zona, es la ocurrencia frecuente de friajes, fenómenos que se deben a la llegada eventual del frente polar, que hacen descender notablemente la temperatura en la selva, en períodos cortos e irregulares que suceden entre Mayo y Agosto. Los descensos absolutos llegan a menos de 9 °C para los días más fríos.

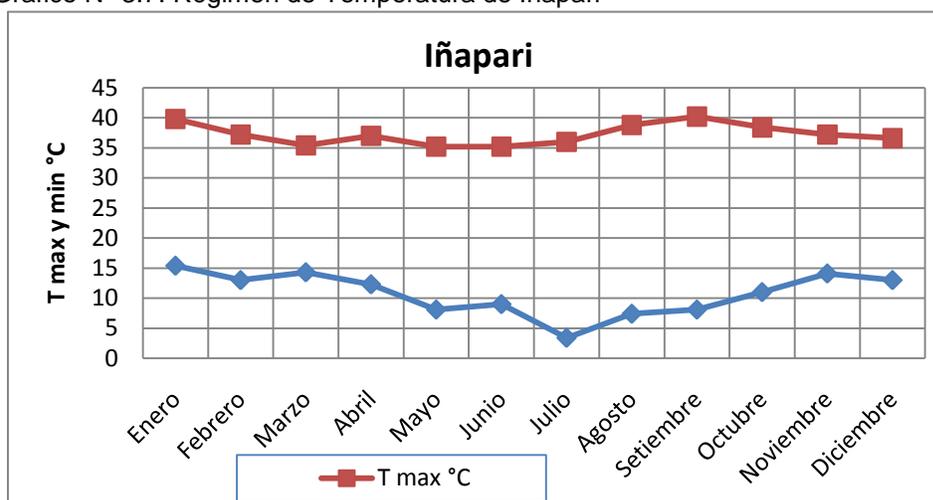
En el Grafico N° 3.6 y Grafico N° 3.7 se muestra estos fenómenos, de la variación de las temperaturas máximas y mínimas diarias, en las Estaciones Quincemil e Iñapari.

Grafico N° 3.6: Régimen de Temperatura de Quincemil



En el Grafico N° 3.6 podemos observar que para la Estación meteorológica de Quincemil, la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas extremas puede llegar hasta 25°C como lo ocurrido en el mes de Agosto. En cuanto a la temperatura máxima diaria para esta Estación climatológica se registró en Febrero de 1984 (36 °C).

Grafico N° 3.7: Régimen de Temperatura de Iñapari



En la Estación Iñapari el contraste es aún mayor, como lo ocurrido en el mes de Julio donde la temperatura máxima y mínima extrema llegó a 32°C. En cuanto a la Temperatura mínima diaria para esta Estación climática, se registró en Julio de 1976 (3.4 °C), el cual lo convierte en un evento fuera de lo normal. La temperatura máxima fue en Setiembre del 2005 (40.2°C)

Vientos

En la zona de Quincemil los vientos dominantes son bastante débiles (de acuerdo a la escala de Beaufort se clasifican como “brisa muy débil”), es decir, es un viento que se siente en el rostro y se aprecia con el movimiento de las hojas de los árboles. Sin embargo, con alguna frecuencia durante los meses relativamente secos de mayo a noviembre, eventos anómalos de fuertes vientos se presentan con ráfagas esporádicas de muy corta duración, que alcanzan a veces valores cercanos a 90 km/hora (“vientos temporales” según la escala de Beaufort).

IV. ANALISIS Y TRATAMIENTO DE LA PLUVIOMETRIA

Sin duda uno de los componentes más importantes del Ciclo Hidrológico en una cuenca hidrográfica, es la precipitación, y es en este sentido que se realiza el estudio de este parámetro meteorológico, en forma independiente y detallada.

Se evaluó la consistencia de la información de precipitación media mensual, para establecer si existen posibles fenómenos de no homogeneidad e inconsistencia de los datos, que puede reflejarse como “saltos” y/o tendencias en las registro históricos de precipitación.

El procedimiento a seguirse en todo análisis de consistencia comprende tres partes: a) análisis de hidrogramas anuales y mensuales, b) análisis de doble masa y c) análisis estadístico. Para el análisis de información pluviométrica se ha

considerado trabajar con 6 Estaciones: Tambopata - Sandia, Iñapari, Pilcopata, Puerto Maldonado, Quincemil y Paucartambo. En el Cuadro N° 4.1 se muestra los años de registros de la información pluviométrica, en la cual se muestra que la Estación Tambopata presenta el mayor registro histórico de este parámetro.

La información histórica de datos de precipitación pluvial total mensual se presenta en el Anexo IV, que ha permitido realizar el análisis.

Cuadro N° 4.1: Registro de la Información Pluviométrica de las Estaciones analizadas.

EST.	U. POLÍTICA		U. GEOGRAFICA			PERIODO																																													
	Dpto.	Provincia	Latitud	Longitud	Alt.	Años																																													
						48	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	86	87	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Iñapari	MDD	Tahuamanu	10° 57'1	69° 36'1	265	65-70, 72, 74-75, 2000																																													
Pilcopata	MDD	Manu	13° 05'1	71° 01'1	900	64-68, 71-86																																													
Pto. Maldona.	MDD	Tambopata	12° 36'11.23	69° 13'40.72	256	48, 61-70, 76-77, 80, 82-87, 90, 00-03, 05, 07																																													
Quincemil	Cuzco	Quispicachis	13° 13'25	70° 45'55	619	65, 67-68, 71-73, 75-77, 98-2001, 03-05, 07																																													
Tambopata	Puno	Sandia	14° 13'12	69° 09'8	1320	1967-2008																																													
Paucartambo	Cuzco	Paucartambo	13° 19'28	71° 35'26	3042	73-78, 92-94, 96-2008																																													

Para efectos de análisis, se han establecido tres (03) períodos, y estuvo en función al período de registro existente. El primer grupo estuvo conformado por las Estaciones Tambopata - Sandia, Iñapari, Pilcopata, Puerto Maldonado y Quincemil (período 1964-1978), el segundo grupo estuvo conformado por las Estaciones Tambopata-Sandia, Pilcopata y Puerto Maldonado (período 1964-1989), y el tercer grupo, por las Estaciones Tambopata-Sandia, Puerto Maldonado y Paucartambo (período 1964-2008), según se muestra en el Cuadro N° 4.2.

Cuadro N° 4.2: Grupos de Análisis de Precipitación.

Grupo	Estaciones	Periodo
I	Tambopata - Sandia, Iñapari, Pilcopata, Puerto Maldonado y Quincemil	1964-1978
II	Tambopata-Sandia, Pilcopata y Puerto Maldonado	1964-1989
III	Tambopata-Sandia, Puerto Maldonado y Paucartambo	1964-2008

4.1. ANALISIS DE CONSISTENCIA

Consiste en detectar y eliminar posibles inconsistencias y no homogeneidades, evaluar estadísticamente las series históricas para obtener registros confiables y de menor riesgo, y comprende el análisis gráfico, doble masa y estadístico.

4.1.1. Análisis Gráfico

Se elaboraron los histogramas de precipitación a nivel mensual y anual de las estaciones de precipitación en la cuenca del río Madre de Dios, con la finalidad de establecer posibles saltos o tendencias durante el período de información registrada, así como detectar valores extremadamente altos o bajos que no reflejen el comportamiento de la variable; establecer el período de registro más confiable en cada serie.

El criterio fue la comparación simultánea entre ellas.

En los Cuadros N° 4.1 al N° 4.6 del Anexo IV, se muestran los histogramas históricos de precipitación total anual de las 6 estaciones. En los Cuadros N° 4.7 al N° 4.17 del Anexo IV, se muestra los histogramas mensuales de los grupos de análisis de precipitación.

4.1.2. Análisis de Doble masa

Se efectuó para las Estaciones Tambopata-Sandia, Iñapari, Pilcopata, Puerto Maldonado, Quincemil y Paucartambo con la finalidad de conocer la consistencia de la información de precipitación.

El análisis de doble masa se basó en el criterio de que los valores acumulados de la precipitación, en cada estación, graficados con los valores acumulados de una estación modelo o base, para un período considerado, deben ser una línea de pendiente constante, los posibles quiebres que se presenten en la línea (cambio de pendiente), deben ser analizados estadísticamente a un nivel de probabilidad dado.

Para efectuar el análisis de doble masa, se optó por agruparlas teniendo como criterio su ubicación dentro de la cuenca, altitud, régimen pluviométrico y período de registro concurrente. Así, se estableció el Análisis de Doble Masa para los tres (3) grupos de Estaciones del Cuadro N° 4.2, y en los Cuadros N° 4.3 al 4.5 se muestran los Análisis de Doble Masa para cada grupo establecido y período de análisis.

Cuadro N° 4.3: Análisis de Doble Masa - Grupo 1

ANÁLISIS DE DOBLE MASA ESTACIONES DE PRECIPITACION (mm) PERIODO : 1964 - 1978													
Año	Estación Tambopata-Sandia PrecipitaciónTotal Anual		Estación Iñapari PrecipitaciónTotal Anual		Estación Pilcopata PrecipitaciónTotal Anual		Estación Pto. Maldonado PrecipitaciónTotal Anual		Estación Quincemil PrecipitaciónTotal Anual		Estación Acumulada PrecipitaciónTotal Anual		
	Histórica Completada	Acumulada	Histórica Completada	Acumulado	Histórica Completada	Acumulado	Histórica Completada	Acumulado	Histórica Completada	Acumulado	Histórica Completada	Acumulado	
	(mm)		(mm)		(mm)		(mm)		(mm)		(l/s)		
1	1964	1,387.20	1,387	1,587.77	1,588	2,768.40	2,768	1,824.00	1,824	6,439.16	6,439	2,801	2,801
2	1965	1,660.30	3,048	1,577.35	3,165	3,532.40	6,301	2,431.00	4,255	6,559.30	12,998	3,152	5,953
3	1966	1,425.11	4,473	1,662.20	4,827	3,264.10	9,565	1,948.60	6,204	6,229.11	19,228	2,906	8,859
4	1967	1,499.10	5,972	2,294.30	7,122	3,225.50	12,790	1,686.00	7,890	5,265.10	24,493	2,794	11,653
5	1968	1,516.60	7,488	1,384.00	8,506	3,641.40	16,432	2,547.00	10,437	7,367.60	31,860	3,291	14,945
6	1969	1,459.30	8,948	2,266.70	10,772	4,016.05	20,448	1,578.10	12,015	6,354.76	38,215	3,135	18,080
7	1970	1502.7	10,450	1,539.20	12,312	4,253.94	24,702	1,721.00	13,736	7,491.68	45,707	3,302	21,381
8	1971	1652.2	12,103	1,388.24	13,700	4,115.30	28,817	2,179.74	15,915	6,208.10	51,915	3,109	24,490
9	1972	1458.5	13,561	2,211.90	15,912	3,768.60	32,586	2,179.74	18,095	6,536.10	58,451	3,231	27,721
10	1973	1886.8	15,448	1,711.74	17,623	3,792.00	36,378	2,179.74	20,275	7,214.50	65,665	3,357	31,078
11	1974	1375.3	16,823	1,894.00	19,517	4,128.50	40,506	2,179.74	22,455	6,556.18	72,222	3,227	34,305
12	1975	1467	18,290	1,971.50	21,489	3,961.00	44,467	2,711.56	25,166	6,294.70	78,516	3,281	37,586
13	1976	1420.7	19,711	1,779.48	23,268	4,134.00	48,601	1,920.90	27,087	5,894.10	84,410	3,030	40,616
14	1977	1514.7	21,226	1,595.15	24,864	3,747.00	52,348	2,169.00	29,256	7,154.00	91,564	3,236	43,852
15	1978	1543	22,769	1,595.15	26,459	4,028.00	56,376	2,482.99	31,739	5,426.11	96,990	3,015	46,867

Cuadro N° 4.4: Análisis de Doble Masa - Grupo 2

ANÁLISIS DE DOBLE MASA									
ESTACIONES DE PRECIPITACION (mm)									
PERIODO : 1964 - 1989									
Año	Estación Tambopata - Sandia			Estación Pilcopata		Estación Pto. Maldonado		Estación Acumulada	
	PrecipitaciónTotal Anual			PrecipitaciónTotal Anual		PrecipitaciónTotal Anual		PrecipitaciónTotal Anual	
	Histórica	Acumulada		Histórica	Acumulado	Histórica	Acumulado	Histórica	Acumulado
	Completada			Completada		Completada		Completada	
(mm)			(mm)		(mm)		(l/s)		
1	1964	1,387	1,387	2,768	2,768	1,824	1,824	1,993	1,993
2	1965	1,660	3,048	3,532	5,537	2,431	4,255	2,541	4,534
3	1966	1,425	4,473	3,264	9,069	1,949	6,204	2,213	6,747
4	1967	1,499	5,972	3,226	12,333	1,686	7,890	2,137	8,884
5	1968	1,517	7,488	3,641	15,559	2,547	10,437	2,568	11,452
6	1969	1,459	8,948	4,016	19,200	1,578	12,015	2,351	13,803
7	1970	1,503	10,450	4,254	23,216	1,721	13,736	2,493	16,296
8	1971	1,652	12,103	4,115	27,470	2,180	15,915	2,649	18,945
9	1972	1,459	13,561	3,769	31,585	2,180	18,095	2,469	21,414
10	1973	1,887	15,448	3,792	35,354	2,180	20,275	2,620	24,033
11	1974	1,375	16,823	4,129	39,146	2,180	22,455	2,561	26,595
12	1975	1,467	18,290	3,961	43,275	2,712	25,166	2,713	29,308
13	1976	1,421	19,711	4,134	47,236	1,921	27,087	2,492	31,800
14	1977	1,515	21,226	3,747	51,370	2,169	29,256	2,477	34,277
15	1978	1,543	22,769	4,028	55,117	2,483	31,739	2,685	36,961
16	1979	1,402	24,171	4,085	59,145	2,439	34,178	2,642	39,604
17	1980	1,572	25,743	3,356	63,230	2,319	36,497	2,415	42,019
18	1981	1,675	27,418	4,230	66,585	3,075	39,572	2,993	45,012
19	1982	1,967	29,385	4,627	70,815	3,728	43,300	3,441	48,453
20	1983	1,706	31,091	4,075	75,442	2,636	45,936	2,806	51,259
21	1984	1,796	32,887	4,187	79,517	3,091	49,027	3,024	54,283
22	1985	1,441	34,328	3,290	83,704	2,422	51,448	2,384	56,667
23	1986	1,432	35,760	3,689	86,994	2,791	54,239	2,637	59,304
24	1987	1,373	37,133	3,528	90,683	1,844	56,083	2,249	61,553
25	1988	1,285	38,418	3,679	94,211	1,583	57,666	2,182	63,735
26	1989	1,146	39,564	4,251	97,890	1,714	59,381	2,371	66,106

Cuadro N° 4.5: Análisis de Doble Masa - Grupo 3

ANÁLISIS DE DOBLE MASA									
ESTACIONES DE PRECIPITACION (mm)									
PERIODO : 1964 - 2008									
Año	Estación Tambopata-Sandia		Estación Paucartambo		Estación Puerto Maldonado		Estación Acumulada		
	PrecipitaciónTotal Anual		PrecipitaciónTotal Anual		PrecipitaciónTotal Anual		PrecipitaciónTotal Anual		
	Histórica Completada	Acumulada	Histórica Completada	Acumulado	Histórica Completada	Acumulado	Histórica Completada	Acumulado	
	(mm)		(mm)		(mm)		(l/s)		
1	1964	1,387	1,387	411	411	1,824	1824	1,207	1,207
2	1965	1,660	3,048	533	944	2,431	4255	1,542	2,749
3	1966	1,425	4,473	538	1,482	1,949	6204	1,304	4,053
4	1967	1,499	5,972	541	2,023	1,686	7890	1,242	5,295
5	1968	1,517	7,488	538	2,561	2,547	10437	1,534	6,829
6	1969	1,459	8,948	538	3,098	1,578	12015	1,192	8,020
7	1970	1,503	10,450	636	3,734	1,721	13736	1,287	9,307
8	1971	1,652	12,103	780	4,514	2,180	15915	1,537	10,844
9	1972	1,459	13,561	707	5,221	2,180	18095	1,448	12,292
10	1973	1,887	15,448	607	5,828	2,180	20275	1,558	13,850
11	1974	1,375	16,823	755	6,583	2,180	22455	1,437	15,287
12	1975	1,467	18,290	538	7,121	2,712	25166	1,572	16,859
13	1976	1,421	19,711	335	7,455	1,921	27087	1,225	18,084
14	1977	1,515	21,226	199	7,655	2,169	29256	1,294	19,379
15	1978	1,543	22,769	441	8,096	2,483	31739	1,489	20,868
16	1979	1,402	24,171	436	8,531	2,439	34178	1,426	22,293
17	1980	1,572	25,743	264	8,795	2,319	36497	1,385	23,678
18	1981	1,675	27,418	509	9,304	3,075	39572	1,753	25,431
19	1982	1,967	29,385	211	9,515	3,728	43300	1,969	27,400
20	1983	1,706	31,091	538	10,053	2,636	45936	1,627	29,027
21	1984	1,796	32,887	538	10,591	3,091	49027	1,808	30,835
22	1985	1,441	34,328	538	11,129	2,422	51448	1,467	32,302
23	1986	1,432	35,760	538	11,666	2,791	54239	1,587	33,888
24	1987	1,373	37,133	541	12,208	1,844	56083	1,253	35,141
25	1988	1,285	38,418	538	12,745	1,583	57666	1,135	36,277
26	1989	1,146	39,564	538	13,283	1,714	59381	1,133	37,409
27	1990	1,690	41,255	473	13,756	2,058	61438	1,407	38,816
28	1991	1,369	42,623	362	14,118	2,180	63618	1,304	40,120
29	1992	1,735	44,359	317	14,436	2,180	65798	1,411	41,531
30	1993	1,934	46,292	760	15,196	2,180	67978	1,624	43,155
31	1994	1,479	47,771	585	15,781	2,180	70157	1,414	44,570
32	1995	1,556	49,327	542	16,323	2,180	72337	1,426	45,996
33	1996	1,503	50,830	613	16,936	2,180	74517	1,432	47,428
34	1997	1,617	52,447	568	17,505	2,180	76697	1,455	48,883
35	1998	1,315	53,761	462	17,967	2,231	78927	1,336	50,218
36	1999	1,721	55,482	589	18,555	1,790	80717	1,366	51,585
37	2000	1,420	56,902	677	19,233	2,097	82814	1,398	52,983
38	2001	1,753	58,655	806	20,039	2,332	85146	1,630	54,613
39	2002	1,653	60,309	716	20,755	2,545	87691	1,638	56,252
40	2003	1,571	61,879	622	21,377	2,864	90555	1,686	57,937
41	2004	1,313	63,193	605	21,982	1,870	92426	1,263	59,200
42	2005	1,548	64,741	429	22,411	1,804	94230	1,261	60,461
43	2006	1,511	66,252	626	23,037	2,306	96536	1,481	61,942
44	2007	1,318	67,570	581	23,618	2,106	98642	1,335	63,277
45	2008	1,574	69,144	584	24,202	1,787	100429	1,315	64,591

En los Gráficos del N° 4.1 al N° 4.3 se muestran los diagramas de doble masa elaborados. Para su análisis se ha tomado en cuenta la visualización de los histogramas anuales y mensuales y la tendencia de las líneas que conforman cada grupo de estaciones; así, el primer grupo conformado por las Estaciones Tambopata-Sandia, Iñapari, Pilcopata, Puerto Maldonado y Quincemil (período 1964-1978), donde se aprecia que la tendencia es hacia una línea recta, y los quiebres no son significativos; para el segundo grupo conformado por las Estaciones Tambopata-Sandia, Pilcopata y Puerto Maldonado (período 1964-1989), los gráficos presentados siguen una tendencia recta y para el tercer grupo, conformado por las Estaciones Tambopata-Sandia, Puerto Maldonado y Paucartambo (período 1964-2008), las líneas muestran una tendencia recta; por lo cual, la información presentada es consistente.

Gráfico 4.1: Diagrama de Doble Masa (1964- 1978) Grupo 1

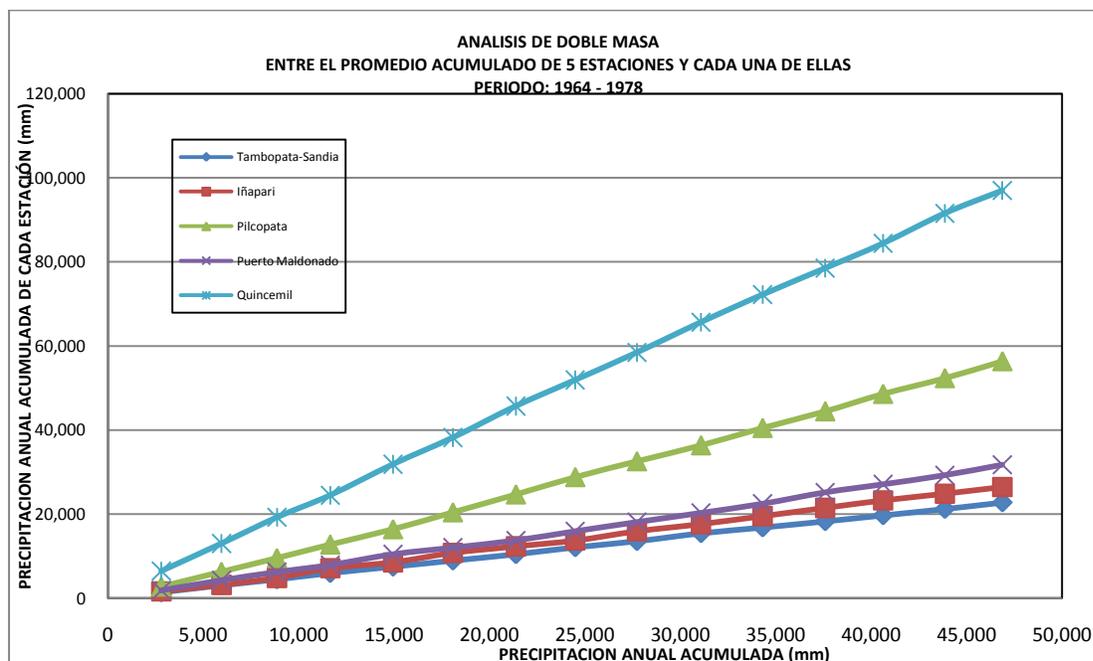


Gráfico 4.2: Diagrama de Doble Masa (1964- 1989) Grupo 2

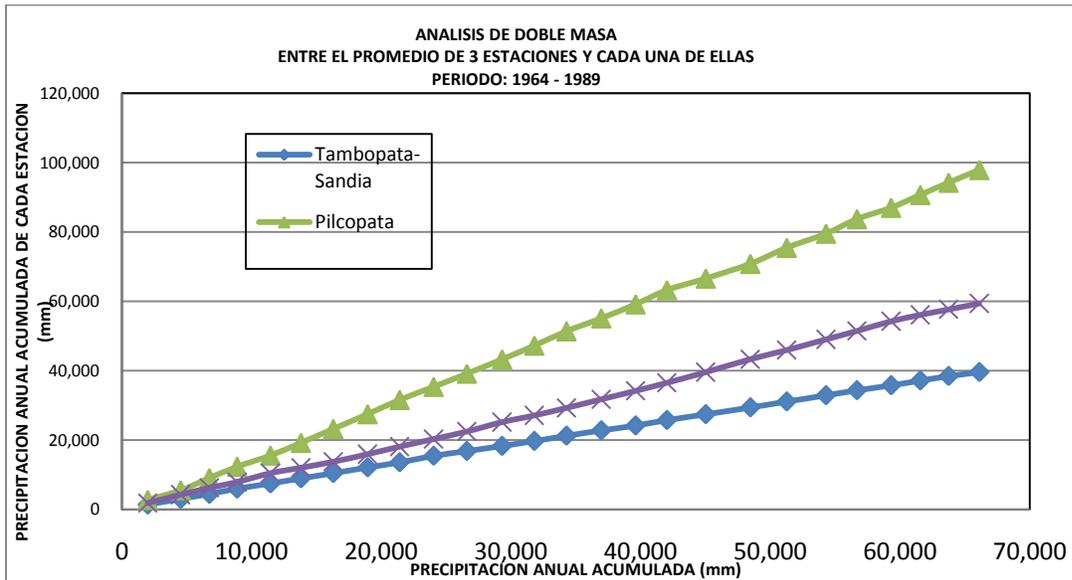
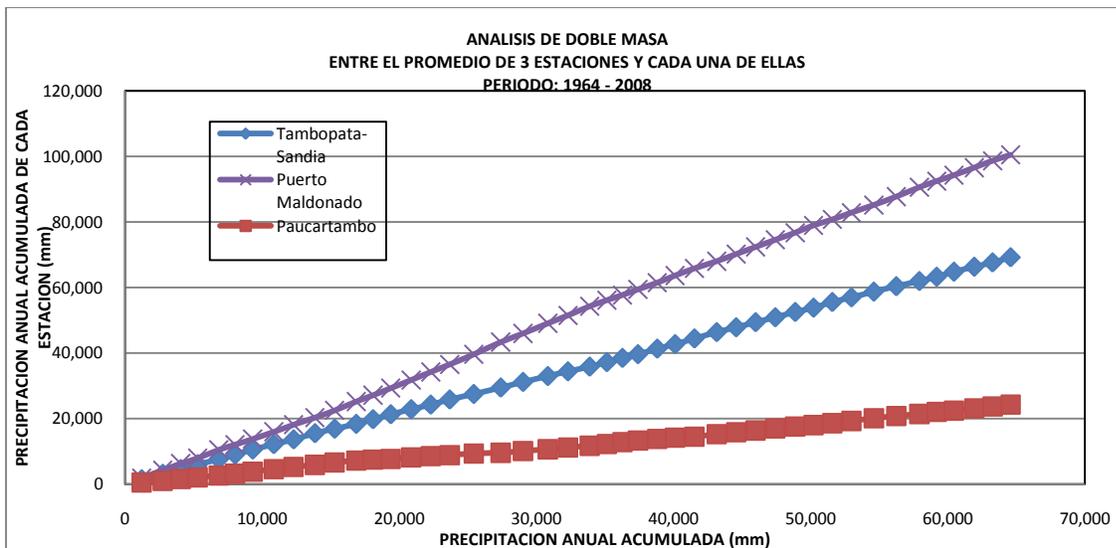


Gráfico 4.3: Diagrama de Doble Masa (1964- 2008) Grupo 3



4.1.3. Análisis de Estadístico

De acuerdo con el análisis anterior, no fue necesario efectuar análisis estadístico.

4.1.4. Análisis de Tendencias

No se evidenciaron tendencias en las series históricas de precipitación, que hayan requerido ser corregidas.

4.2. COMPLETACION Y EXTENSION DE INFORMACION

Una vez verificada la consistencia y homogeneidad de las series evaluadas, se realizó la completación y extensión de la precipitación media mensual, a través del software HEC4⁴ desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC) del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América (USACE). En este proceso se generó series de un período común, homogéneo y de suficiente longitud del espacio muestral.

De esta manera se obtuvieron series homogéneas y completas para el período 1964-2008, cuya información se muestra en los Cuadros N°4.6 al 4.11, que contiene los registros completados y/o extendidos de las Estaciones Tambopata-Sandia, Iñapari, Pilcopata, Puerto Maldonado, Quincemil y Paucartambo

⁴ Software para completación y extensión de datos para series hidrológicas estacionales basado en la regresión múltiple.

Estación Tambopata - Sandia
Precipitación serie Completada y Extendida

Cuadro N°4.6

Latitud: 14° 13' 12"													Distr: San Juan del Oro
Longitud: 69° 09' 8"													Prov: Sandia
Altura (msnm): 1320													Dpto: Puno
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	139	77	193	163.6	79.7	51.1	11.9	150.5	90	81.5	139.5	183.5	1360.3
1965	197	127.7	184.6	198.6	69.5	49.5	93.9	24	44.4	168.3	114.5	249	1521
1966	216.5	167	157.5	105	58.4	41.1	18.6	130.2	91.8	121.2	94.7	178.8	1380.8
1967	149.8	179.8	215.9	94.2	20.7	32.5	54.1	61	88.7	155.6	233.9	212.9	1499.1
1968	193.3	240	214.7	98.5	5	35.2	67.5	30.8	60.5	189.4	141.9	239.8	1516.6
1969	228.7	212.5	152.1	117.6	76.9	97.6	18	27.5	27.7	176.7	171.2	152.8	1459.3
1970	194.8	130.2	258.9	202.7	52.8	60.7	42.4	44.7	111.9	106.7	82.4	214.5	1502.7
1971	237.7	271.9	283	64.5	23.5	20.9	15.7	62.5	94.9	228.2	166.4	183	1652.2
1972	249.1	169.1	110.5	89.1	53.6	35.7	29.5	123.9	92.1	115.3	226.8	163.8	1458.5
1973	292.4	212.8	202.3	118.8	42.4	68.2	41.1	91.2	145.8	155.4	199.5	316.9	1886.8
1974	208	237	147.2	103.5	20	72.9	24.9	100.2	57.2	133.5	125.1	145.8	1375.3
1975	177.1	221.2	190.3	84.2	57.4	109	28.8	51.9	80.8	120.3	172.7	173.3	1467
1976	366.9	118.6	159.3	54.5	74.9	13.1	25.2	82.5	86	128.7	169.8	141.2	1420.7
1977	238.4	205.1	195.9	107	64.3	49	55	43.1	112.9	83	136.1	224.9	1514.7
1978	264.3	248.6	188.7	115.2	88.7	13.8	9.6	15.2	34.4	72.5	190.8	301.2	1543
1979	246.2	148.2	273.8	72.9	26	28.4	91.4	22	64.9	57	162.3	209.2	1402.3
1980	288.2	176	214.5	121	33.8	71.9	54.7	85.1	50.8	215.1	94.8	166.1	1572
1981	215	294.4	236.1	139.1	28.2	41.8	33.5	75	43.7	178	127.6	262.6	1675
1982	435.5	200.1	262.9	267.1	58.6	55.2	32.7	41.8	65.6	125.5	280.5	141.2	1966.7
1983	198.4	310.6	141.3	131.1	100.5	105.7	120.9	29.4	120.8	114.9	147	185.6	1706.2
1984	304.1	307.1	236	170.1	16.2	47.6	31.2	66.9	131.3	101.5	180.5	203.8	1796.3
1985	397.2	109.7	135.9	137.7	44.4	36.4	23.2	91.2	0	0	198.4	267.1	1441.2
1986	194.7	207.8	190.3	103.1	50.6	30.5	44.9	61.8	147.5	51.1	151.1	198.3	1431.7
1987	159.5	110.7	122.9	149	113.5	16.4	47.1	4.6	112.9	192.1	211.4	133.1	1373.2
1988	200.2	226	136.9	152.7	66.4	9.2	12.2	1.4	50.8	116.6	82.4	230.3	1285.1
1989	167.1	144.4	158.1	188	27.1	73	32.9	21.2	57.2	135.1	64.6	77.2	1145.9
1990	299.1	274.9	59.5	113.7	75.5	174.3	52.3	86.4	93.9	121	116.5	223.3	1690.4
1991	276.7	139.6	118.8	95.2	16.4	82.3	3.8	31.7	30	196.9	227.3	150.2	1368.9
1992	250.8	162	205.2	145	83.1	53.8	45.4	162.1	168.8	103.5	122.7	232.8	1735.2
1993	192.5	229.4	313.7	132.4	149.5	8.2	43.5	144.7	68.1	123.3	227.3	300.9	1933.5
1994	169.8	162	151.8	139.1	28.2	29.3	40.5	69.4	48.2	138.6	283	218.7	1478.6
1995	244.9	253.1	182.1	67.4	18.8	33.4	66.3	30	38.9	100.7	239.3	281.4	1556.3
1996	289.7	118.8	236.9	113.6	65.5	16.1	55.5	66.8	83.7	102.8	144.3	209	1502.7
1997	320.4	227.1	225.2	106.8	71	40.1	9.6	46.7	75.1	106.8	141.4	246.8	1617
1998	147.8	125	254.9	150.3	33.7	43.9	35.6	31.9	28.7	208.3	156	98.5	1314.6
1999	250.7	320.7	219.6	189.7	95.9	29.4	71.1	15.4	119	66.1	162.7	180.7	1721
2000	254.7	131.4	85.6	84.2	50.6	47.8	63.5	109.7	87	177.4	142.1	186	1420
2001	260.2	213.9	211.4	101.7	67.3	31.6	76.6	52.5	87.1	219.9	201.3	229.5	1753
2002	190.3	255.8	136.3	167.5	97.2	75.6	65.1	47.4	82.6	119.8	170.2	245.5	1653.3
2003	182.2	244.2	225.5	95.5	100.4	27.8	26.1	97.8	43	79.5	152.5	296.3	1570.8
2004	129.2	99	164.3	89.2	80.7	59.7	54.2	65.9	87.4	120.2	160.7	202.7	1313.2
2005	241.1	212.7	157.6	79.2	30.8	22.5	21.4	7.9	80.5	233.8	144.1	316.6	1548.2
2006	339.8	91.1	164.6	239.4	21.6	36.9	47.1	43.9	28.1	131.5	173	194.3	1511.3
2007	133.8	173.4	204	114.4	82.3	8.5	58.5	50.4	73.6	89.6	127.8	201.5	1317.8
2008	411.1	114.8	151.1	90.5	58.5	29.3	25.6	22.8	55.4	226.5	135.8	252.2	1573.6
MEDIA	238.75	191.16	187.35	125.86	57.34	47.04	42.72	60.51	76.53	133.10	162.09	209.40	1531.84
D. STAND.	73.18	64.21	53.14	45.63	30.93	31.63	24.61	39.99	35.80	52.69	49.06	55.05	
Abb	Datos Completados y extendidos												

Estación Iñapari
Precipitación serie Completada y Extendida

Cuadro N°4.7

Latitud: 10° 57'1
Longitud: 69° 36'1
Altura: msnm 265

Distr: Iñapari
Prov: Tahuamanu
Dpto: Madre de Dios

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	118.6	110.2	195.5	194.4	132.6	51.4	27.3	6.6	46.7	174.5	125	220.3	1403.1
1965	202.7	189.5	152	170	42	50.5	36	20	163.5	126.5	156.8	267.9	1577.4
1966	153.2	114.7	116.2	193.3	114.4	36.5	96.5	1.5	106.6	311.9	200.9	216.5	1662.2
1967	134.8	544.2	707.5	112.4	115.4	16.3	1.2	49.7	31.3	164.6	180	236.9	2294.3
1968	159	116.9	125.7	113.2	98.9	49.2	86	35.1	129.3	133.6	129.9	207.2	1384
1969	175.3	375.7	214	241	150.8	62.9	83.6	80.9	184.9	216.4	189.2	292	2266.7
1970	104.7	79.4	244	118.5	85.1	77.5	20.4	46	88.8	173.6	225.8	275.4	1539.2
1971	134	134.6	150.9	223.8	171.2	56.5	11.3	20.5	107.7	6.1	120.3	215.6	1352.5
1972	203.8	416.2	226.8	210.3	150.9	69.8	12	68.1	76	226	175	377	2211.9
1973	424	275	174	157	73	18	8	110.6	32	82	330	106	1789.6
1974	201	401	165	195	90	74	11	31	180	109	260	177	1894
1975	225	289	361	223	65	82	57.5	53	128	29	243	216	1971.5
1976	280	212	345	234	47	12	0	0.2	55.4	100.4	194.4	102.4	1582.8
1977	114.4	108.1	253.7	236	107.3	58.5	13.7	2	17.2	27.1	146.3	112.6	1196.9
1978	164.7	423.1	243.1	59.9	30.1	11.8	3.2	207.4	360.4	173.3	138.8	56.7	1872.5
1979	152.8	94.5	358	199.5	31.8	22.3	4.3	14.7	71.1	54.2	182	189.9	1375.1
1980	247.4	102.7	91.9	238.2	142.3	74.2	74.7	0	57	237	145.5	296.2	1707.1
1981	277.6	118.7	188.1	187.5	110.2	161.2	20.6	6.4	47.5	240.7	217.2	143.3	1719
1982	181.1	54.9	215.7	227.3	76.8	19.5	83	2.4	124.1	108.2	242.6	172.4	1508
1983	265.9	253	264.4	171	106.3	18.3	110.5	13.7	51.3	96.2	270.4	194.6	1815.6
1984	374.5	49.9	57.4	58.6	30	16.2	48.8	1.9	11.7	49.5	165	265.6	1129.1
1985	215.9	123.9	155.5	157.8	86.4	34.5	34.4	35.2	128.7	121.1	87.6	110.2	1291.2
1986	176.3	122.6	69.8	125.7	39	5.3	4.9	1.3	41.2	22.1	185.8	231	1025
1987	234.4	477.6	282.1	127.1	63.8	11	7.6	26.5	36.8	173.5	165.9	209.6	1815.9
1988	195.5	221	229.2	218	70.3	25.1	12.6	2.8	278.2	156.1	134.1	305.7	1848.6
1989	294	299.8	356.2	134.3	153	205.7	81.2	10.2	139	114.6	113.8	497.1	2398.9
1990	264.2	249.2	144.6	134.8	13.1	11.9	45.2	12.5	78.4	64.9	166.1	221.6	1406.5
1991	155.2	225.6	179.2	280.6	54.7	15.2	1.8	16.1	125.7	242.4	204.1	202	1702.6
1992	269.1	222.2	537.9	214.7	116.9	15.4	0.8	303.2	32.2	22.6	128.2	119.8	1983
1993	203	180.3	304.1	169.3	112.9	13.7	97	2.2	144.2	184.5	127.2	205.9	1744.3
1994	152.4	280.7	193.1	146.2	50.5	20.8	41.1	2.1	111.4	219.1	146	180.4	1543.8
1995	206.7	74.9	96.7	142	85	38	116	3.4	73.9	232.3	127.9	91.7	1288.5
1996	169	182	305	197	106	9	7.6	37	53	171	242.2	165.4	1644.2
1997	149.7	107.9	311.6	260.9	39	13	0	45	72	171	109.2	101.9	1381.2
1998	127.3	277.6	194	108.5	14.9	5.5	21.3	4.6	72	177.3	163.5	198.3	1364.8
1999	256.3	155.7	197.7	193.9	88.2	23.8	19.8	0	50.2	14.7	138.1	216.9	1355.3
2000	271.4	117.8	146.4	64.8	64.2	16.8	27.6	55.4	85	185	131.7	88.6	1254.7
2001	287.2	172.1	301.8	52.5	71.5	15	17	0	92.1	152.6	171.6	166.8	1500.2
2002	116	219.5	233.9	108	88.2	13	27.1	0	43.8	145.5	167.9	212.7	1375.6
2003	246	170	242.4	174.1	21.7	2.6	19	7	101.4	96.8	133.6	126.7	1341.3
2004	249.7	85	47	106	11	3.6	47	31	90.9	73	124	181.2	1049.4
2005	149	180.3	158	30	79	20	6	0	48	156	170	117	1113.3
2006	233.5	262.2	108.2	141.6	47	43	17	0.2	38.6	203.6	218.9	342	1655.8
2007	177.3	115	133.3	214.3	27.1	5	32.2	73.6	76.5	180.8	220	229.2	1484.3
2008	227.5	98	217.7	125.5	51.2	118.4	14.8	20.5	60.8	90.4	164.5	210.3	1399.6
MEDIA	207.14	201.87	222.12	164.26	78.35	38.31	33.52	32.48	92.10	138.02	172.89	201.63	1582.68
D. STAND.	67.98	117.66	120.51	60.11	41.58	41.34	33.20	55.93	65.83	72.73	49.63	83.04	
Abb	Datos Completados y extendidos												

Estación Pilcopata
Precipitación serie Completada y Extendida

Cuadro N°4.8

Latitud: 13° 05' S												Distr: Madre de Dios	
Longitud: 71° 01' W												Prov: Manu	
Altura: msnm 900												Dpto: Madre de Dios	
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	232.7	336.9	597.4	143.8	225.7	232.7	93.2	130	235	249.4	125.7	165.9	2768.4
1965	405.1	279.2	254.3	465.4	200.8	177.5	196.7	77.5	214.7	505.8	158.2	597.2	3532.4
1966	427.6	440	361.1	357.9	164.5	30.4	140.9	141.1	253.5	434.9	249.8	262.4	3264.1
1967	277.4	348.2	465.1	147.2	212.9	66.4	124.7	211.7	106.9	298	362.7	604.3	3225.5
1968	489.9	732.5	354.7	312.3	41.2	119.1	178.9	262.4	139.6	227.4	248.8	534.6	3641.4
1969	570	298.6	500.3	366.7	352	283.1	91.1	198.6	238.9	309.4	418.2	496.6	4123.5
1970	446.5	297.3	402	487.4	146.2	203.2	165.8	442.3	197	372.9	320	733.6	4214.2
1971	686.8	656.5	525.9	298.4	207.9	115.5	121.6	178.6	377.8	278.8	200	467.5	4115.3
1972	559.6	411.2	652	271	129	130.5	144.3	162	181	496	293	339	3768.6
1973	417.5	373	494.5	350.5	194.5	295	146.5	130	161.5	240	447.5	541.5	3792
1974	661	622.5	274	599	169	331.5	239	269	151	326	137.5	349	4128.5
1975	608	531	505	246	229.5	162	159	140.5	372.5	361	438.5	208	3961
1976	647.5	421.5	659	270	416.5	186	37	311.5	136.5	241.5	310	497	4134
1977	381.5	558.5	528.5	355	286.5	103.5	299	246	238	162.5	347	241	3747
1978	503.5	409.5	171.5	444	218.5	234	219	159.5	419.5	342.5	351.5	555	4028
1979	346	539	705	440.5	153.5	103	166	260	281.5	330.2	441	319.5	4085.2
1980	615.5	322.5	475.5	135	291	175	111.5	341	226	266.5	178	218	3355.5
1981	483	784	405.5	372	307	203	120	67.5	211.5	290.5	436	550	4230
1982	673	497	441.5	428.5	196	162.5	224.5	182.5	451.5	253	664.5	452.5	4627
1983	495	657.5	570	354.5	276.5	118.5	269.5	130.5	156.5	204.5	449	393	4075
1984	705	718.5	405	548.5	171	242	205.5	89	98	315.5	393.5	295	4186.5
1985	349.4	651	309.5	331.5	220	34.5	171	112	229.5	145.5	477.5	258.5	3289.9
1986	341.5	612	443.5	326	245.5	179.5	100.5	195.5	223	200.5	405	416.5	3689
1987	493	332	331	309.5	231.7	47.5	125.8	106.3	232	251	356.5	569	3385.3
1988	547	399	664.5	318.7	126	104.5	73.9	144.4	250.4	303.5	216.6	379.5	3528
1989	708	326.1	652.5	460.5	287.5	177	172	122.5	348	256	298	109.6	3917.7
1990	515.9	537.1	196.2	433.8	159.9	180	172.9	138.4	264	261.5	232.2	472.4	3564.3
1991	421.5	319.4	662.1	347.2	263	218.3	85.3	356.7	209.9	318.7	269.1	277.9	3749.1
1992	370.3	629	588.2	153.3	238	309.5	219.1	257.6	301.5	256.9	432	313.4	4068.8
1993	414.7	589.8	554	466.3	255.8	86	117.3	199.7	254.7	204	481.6	325.7	3949.6
1994	412.6	329.8	306.6	575.9	213.5	156	187.7	196.4	159.6	223.1	427.5	645.5	3834.2
1995	689.2	592.3	600.3	264.2	95.2	219.4	186.9	160.4	99.2	208.9	449.4	323.6	3889
1996	459.5	342	290.5	491.1	172.4	96.5	236.7	158.9	253.3	287.6	603.8	581.3	3973.6
1997	572.5	500.2	727.5	307.2	345.2	225.6	93.4	162.4	158.3	490.1	287.9	602.3	4472.6
1998	362.3	328.1	523.8	685.6	224.9	102	117.5	287.8	286.4	249.4	574.9	447.2	4189.9
1999	703.3	392	636	343.4	280.7	130.2	204.4	128.6	292	232.2	155.2	342.5	3840.5
2000	693.3	453.5	357.8	327.8	89.2	103.3	177	350	332.6	431.6	678.7	456.1	4450.9
2001	660.7	476.1	698.4	420.8	338.8	116.5	228.4	138.7	336.9	447.7	615.4	357.6	4836
2002	451.4	527.6	441.1	363.5	348.7	213.5	209.5	102.2	141.9	302.2	456.4	366.4	3924.4
2003	440.2	611	506.2	446.4	217.2	96.2	165.7	118.3	223.9	321.6	172.6	663.4	3982.7
2004	504.8	333	283.9	427.8	301.7	314.8	246.5	257.8	107.9	240.9	377.3	454.2	3850.6
2005	551.5	486.8	337.2	307.1	335	162.3	75.1	326.7	143.1	235.1	311.5	264	3535.4
2006	502.3	193.9	329.9	353.2	201	201.6	166.8	117.7	123.1	199.1	526.3	384.1	3299
2007	305	435.5	334.9	426.1	183.7	64.3	206.6	90.1	120.3	230.3	274.1	376.4	3047.3
2008	583.6	454.1	463.9	349.6	332.4	230.9	215.3	101.3	251.8	373.7	262.3	546.8	4165.7
MEDIA	504.12	468.58	466.38	369.56	228.82	165.43	164.64	188.04	226.48	292.83	362.49	416.77	3854.15
D. STAND.	128.06	140.78	147.06	116.22	78.83	75.97	57.67	87.22	86.92	86.95	141.16	144.15	
Abb	Datos Completados y extendidos												

Estación Puerto Maldonado
Precipitación serie Completada y Extendida

Cuadro N°4.9

Latitud: 12°37' S
Longitud: 69°12' W
Altura: msnm 256

Distr: Tambopata
Prov: Tambopata
Dpto: Madre de Dios

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	322	253	252	77	112	16	71	17	84	196	166	258	1824
1965	372	219	494	395	37	4	99	87	155	151	89	329	2431
1966	283	184	212	198.1	420	59	38	70	57	82	117	228.5	1948.6
1967	160	209	292	33	27	83	42	90	177	201	267	105	1686
1968	252	488	389	63	67	187	99	41	123	174	226	438	2547
1969	202	20.1	259	94	215	91	50	28	25	101	231	262	1578.1
1970	234	310	152	215	120	47	61	8	24	148	31	371	1721
1971	73.7	393.2	356.6	82	78.2	77.1	27.4	94.6	326.1	62	269.7	266.2	2106.8
1972	505.4	253.3	259.2	166.2	473.8	185.9	65.8	127.8	104.7	258.6	278	351.4	3030.1
1973	582.2	318.1	338.3	197.1	150.6	122.4	55.2	222.5	35.4	149	154.9	486.4	2812.1
1974	281.1	273	121.3	281.8	133.4	43	23.6	101	55.1	161.6	8.6	159.7	1643.2
1975	437.5	455	318	106.5	51	93.8	80	139	297.4	86	343.5	242	2649.7
1976	327	98.6	299.8	103.5	98	31	5	44	170	271	177	296	1920.9
1977	167	442	180	171	43	25	78	109	247	99	299	309	2169
1978	283	458	204	195	141	3.3	115.3	32.8	96	136.3	282.8	457.3	2404.8
1979	418	345.9	498	238.3	161	28.3	13	20	50.4	59	194	381	2406.9
1980	396	486.4	321	163.2	111.2	30	7.4	52.6	47	284	242	177.8	2318.6
1981	527.9	617.6	290.8	234.6	237	23	19.5	33	113.2	229	248.5	464.1	3038.2
1982	596	602	559	357	144	113	273	69	216	223.5	338	237.5	3728
1983	476.7	548	336	146	106	175	14	15	23	228	174.4	394	2636.1
1984	535.5	622	398	395.6	27.1	110.4	18.8	16	59.2	442	317	149	3090.6
1985	701	201	46	192	83	5	43.5	24	201	59	467	399	2421.5
1986	338.6	603.8	528.8	185.4	194.6	13	22	132	53.7	237.8	238.8	242.5	2791
1987	591.6	72.9	117	147	164	44.2	34	40.1	40.5	166.6	197.6	228.8	1844.3
1988	366.2	456	192.6	99.5	134	15	7	3	61.4	75	249	251.8	1910.5
1989	101.8	183.8	283	68.4	34	22	82	11	130	141	366	142.8	1565.8
1990	185	346.8	125.3	177.6	71.3	61.5	117	50	135.9	435	146	206.5	2057.9
1991	292.1	274.6	263	190.9	36.7	33.6	47.8	27.1	34.8	330.9	169.1	262.8	1963.4
1992	726.4	419.4	114.8	101.3	98.8	7.5	83.2	234.4	159.4	150	365.9	196.6	2657.7
1993	229.3	472.6	321.2	241	372.2	16.9	31.4	201.2	119.7	125.8	273.9	410.8	2816
1994	226.1	159.2	160.9	217	159.1	51.7	15.9	36.7	37.6	183.7	264.7	223.4	1736
1995	356.9	462	215.6	144.8	36.5	104.5	13.3	1.6	20.1	163.3	365.8	345.6	2230
1996	155.8	268.1	346.3	165.4	153.1	136.1	59.5	2.8	77.5	109.4	273.1	314.9	2062
1997	181.6	501.6	543.3	193.3	146.5	9	36.7	134.4	25.2	147.4	314	387.4	2620.4
1998	124.6	174.5	312.3	799.6	48.7	19.3	11.5	94.1	92.8	247.6	368.8	282.8	2576.6
1999	210.4	315.3	244.6	86.4	76	83	18	1.7	205	74.4	197.9	194.9	1707.6
2000	290.8	336	401	75.1	66.8	115.3	9.7	10.6	104.7	40.2	408.3	238.7	2097.2
2001	299.2	217.3	347.3	106.4	152.7	69	44.5	54.5	73.6	245.4	322.5	399.7	2332.1
2002	117	409	178.6	215.9	166.3	163.8	164.5	97.9	24.8	155.9	340.8	510.7	2545.2
2003	397.8	370.1	369.8	273.7	63.7	166.7	2.6	119.5	151.4	347	228	373.7	2864
2004	367.5	201.2	169.5	138.8	13.6	12.7	195.9	62.2	21.9	80	356.5	376.6	1996.4
2005	240.4	365.5	187.1	110.8	48.9	59.1	25.3	14.2	25.8	156.7	231.2	339.3	1804.3
2006	603.6	164.5	218.3	405	266.7	70.1	7.7	10.7	115.6	171	129.6	256.6	2419.4
2007	274.7	468.4	141.3	236.4	130.7	1.4	102.1	8.7	49.6	152.9	254.7	284.9	2105.8
2008	468.1	296.9	192.7	44	67	0	15.5	39.3	55.6	131.3	113.1	363.3	1786.8
MEDIA	339.52	340.82	278.90	189.52	127.52	62.86	54.37	62.87	100.07	174.87	246.59	302.16	2280.06
D. STAND.	163.60	151.72	122.86	130.19	99.61	54.91	54.37	59.10	75.81	92.36	97.75	98.16	
Abb	Datos Completados y extendidos												

Diagnóstico Hidrológico de la Cuenca Madre de Dios

Estación Quincemil
Precipitación serie Completada y Extendida

Cuadro N°4.10

Latitud: 13°14' S
Longitud: 70°44' W
Altura: msnm 619

Distr: Camanti
Prov: Quispicanchis
Dpto: Cusco

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	1140.8	1094.2	869.3	201.5	424.3	380	276.7	229.4	330.1	551.4	597.1	517.4	6612.2
1965	810.7	486.1	604.5	676.4	303.2	235.7	623.5	221	327.2	654.6	426.3	1190.1	6559.3
1966	1085.5	602.6	705	515	345	523.6	275.3	180.2	250.2	515.8	517.4	587.4	6103
1967	1040.7	456.2	685.3	139	285.7	267.6	300	304.3	118.7	518	486.4	663.2	5265.1
1968	955.5	1030.9	532.4	420	133.6	291.7	272.5	448	443	891.9	343	1605.1	7367.6
1969	905.8	774.1	447.1	419.8	534	761.6	69.7	382.8	226.2	299.5	558.4	701	6080
1970	820.3	441.1	770.9	673.6	131.1	583.5	210	376.5	403.3	855.3	412.1	1356.9	7034.6
1971	1224.5	981	672.3	299.8	298.2	168.4	267.6	198.3	579.4	407.5	435.9	675.2	6208.1
1972	442.8	749	740.5	421.4	254.3	242.4	531.5	436	381.8	1001.2	789.4	545.8	6536.1
1973	1198.6	844	624.9	447.7	250.6	417.4	318.3	610.3	202	678.3	540.7	1081.7	7214.5
1974	1247	1101.2	612.7	505.7	115.2	346.1	315.4	238.4	203.4	689.6	356.4	643.6	6374.7
1975	658.7	767.5	754	500.2	301.5	589.6	378.5	315	440.5	154.4	925.9	508.9	6294.7
1976	1082.4	572.6	553.1	671.3	549.5	287.7	137.1	321	292.2	231.7	445.2	750.3	5894.1
1977	1386.1	1294.1	464.8	689.1	322.6	158.9	607.5	270.1	303.1	324	623.1	710.6	7154
1978	574.4	189.9	198.8	474.1	612.7	218.8	207	439.6	452.2	825.8	1174	794	6161.3
1979	1398.9	1015.8	869.9	790.5	134.6	405.6	595.6	314	383.9	38.3	371.1	763.5	7081.7
1980	1289.9	740.6	561.4	168.3	526.1	229.8	454.8	110.7	207.6	859.5	254.4	628	6031.1
1981	1000.5	878.6	733.4	511.7	224.1	337.5	299.2	182.8	147.1	732	387.2	1025.8	6459.9
1982	1003.1	918.1	373.1	653.9	486	589.8	240.4	417.3	391.1	401.3	488.5	658.1	6620.7
1983	455.8	606.1	793	421.9	652.9	312.8	2225.7	113	322.6	596.9	450.6	1060.6	8011.9
1984	1085.9	656	770.9	618.2	95.2	535.2	337.1	253.5	363	756.7	422.8	663.4	6557.9
1985	1259	1122.6	543.8	478.4	497.5	204.6	251.8	219.2	159.8	198.8	935.6	543.5	6414.6
1986	977.7	374.1	660.3	552.4	477.4	516.4	348.9	239.8	508.3	275.5	397.6	869	6197.4
1987	740.1	662.5	893.6	518.3	584.9	283.1	435.5	237	451.8	615.7	543.2	1011.3	6977
1988	1253.2	798.8	660	446.6	218.4	157	223.5	185.9	306	727.4	440.2	892.3	6309.3
1989	408	274.5	462	434	257.7	337.7	283.6	83.2	402.1	346.8	526.9	528.1	4344.6
1990	706.1	630.5	367.9	706.8	468.6	893.7	157.8	345.8	395.7	646.5	387.6	743.2	6450.2
1991	886.2	799.2	534.2	647.7	202.6	745.8	99.1	409.7	305.4	1074	622.2	527.4	6853.5
1992	1170.8	1262	769.3	393.1	429.2	597.2	257.2	412.8	569.8	178.6	792.5	568	7400.5
1993	921.4	934.8	805.6	589	703.5	104.6	527.4	238.2	339.7	483.6	888.1	849.9	7385.8
1994	1105.8	487.8	265.3	759.9	284.8	281.7	424.9	237.5	203.3	818	669.3	1208.4	6746.7
1995	987.3	987.5	962.7	536.5	257.9	143.6	799.9	36.3	88.7	848.6	828.4	569.1	7046.5
1996	887.2	333.3	369.4	579.3	285.8	324	547.7	178.1	280.8	478.3	790.7	863.5	5918.1
1997	1123.6	707.9	750.2	525.3	486.7	203.4	155.8	358.1	254.9	651.9	1618.3	1129.9	7966
1998	1063.4	1119.2	947.5	1107.2	226.7	207.4	266.2	464.9	263.1	828.8	960.2	524.6	7979.2
1999	1053.8	850.5	1077.4	429	401.2	164	688.6	72.2	452.1	157.3	661.3	720.3	6727.7
2000	677.2	523.5	824.7	519.3	232.6	855	356.5	619.7	365.8	357.8	651.3	587.7	6571.1
2001	1122.3	1056.1	1139.1	551.4	456.7	274.2	797.8	171.6	411.9	550.4	783.1	644.2	7958.8
2002	701.7	1104.5	1005.5	386.7	662	517.8	265.6	322.1	405.4	518.3	728.8	974.6	7593
2003	1366.7	884.2	956.7	613.5	264.6	332.6	371.2	256.3	148.2	469.7	600	1075.3	7339
2004	496.8	803.6	537.2	659	384.6	463.5	397.6	249.2	242.1	706.6	651.6	827.2	6419
2005	852.4	596.4	391.5	380.2	434.2	642.9	120	172.9	334.4	1003.9	487.6	508.8	5925.2
2006	783.9	457.5	176.6	407.8	112.2	456.3	370.9	62.7	166.7	759.2	725.2	954.2	5433.2
2007	945.6	586.2	663.1	637.5	320	47.4	774.9	106.5	68.1	546.6	1043.1	837.4	6576.4
2008	1141.7	564.8	739.7	582.9	326.4	276	459.9	317.4	334.3	675.2	330	1207	6955.3
MEDIA	965.33	758.26	663.12	525.80	354.59	375.86	407.24	274.65	316.16	575.58	623.75	806.57	6646.90
D. STAND.	258.19	268.76	223.88	169.48	160.41	202.71	332.50	134.11	121.49	252.44	259.67	257.99	
Abb	Datos Completados y extendidos												

Estación Paucartambo
Precipitación serie Completada y Extendida

Cuadro N°4.11

Latitud: 13° 19'28
Longitud: 71° 35'26
Altura: msnm 3042

Distr: Paucartambo
Prov: Cusco

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	35.8	61.3	115.6	82	5.2	6.8	0	0	21.1	20.4	25.2	63	436.4
1965	123	48	78	36.2	2.5	0	6.5	9	45.9	17.8	35	131.3	533.2
1966	51.5	192.4	136.5	37.6	5.9	0.5	0.2	1.3	10.3	15.4	33.7	57.5	542.8
1967	96.6	109.6	89.6	64.3	17.3	17.9	12.8	22.2	1.9	5.6	16.1	87.4	541.3
1968	44.2	111.3	58.8	38	0.3	2.1	15.5	16.6	29.4	0	7	84.2	407.4
1969	82.5	195.9	190	84.8	15.8	0.2	1.7	3.9	18.8	39.7	23.8	60.7	717.8
1970	91.9	67.2	43.9	60.8	6.2	1.7	10.5	2.2	33.6	37.4	37.2	169.4	562
1971	119.2	158.9	206	94.7	6.2	13.1	2.5	3.5	43.1	45.5	29.3	70.3	792.3
1972	90.7	104.9	226.3	31.4	2.9	0.8	33.9	43.6	49.4	19.6	37	58.8	699.3
1973	165.3	113.1	79.7	54.5	34	4	9	11	3.5	28	19	85.5	606.6
1974	197	183	96	97	0	0	6	118	32	0	0	26.2	755.2
1975	150.7	97.5	68.3	26.1	31.4	6.9	6.2	24.5	27.7	21.3	17.9	59.3	537.8
1976	84.9	84.6	82.8	19.5	6.6	3.7	0	0	11.4	0	10.9	30.1	334.5
1977	29.4	29.4	28.9	15.2	3	0	11.4	7.7	2.2	26.3	13.7	32.2	199.4
1978	48.3	36.8	41.4	45.6	18.7	0	0.5	21.2	18.3	43.7	69.2	97.1	440.8
1979	62.8	38.4	97	32.6	0	15.5	12.7	4	14.6	53.3	38.8	55.9	425.6
1980	39.7	36.6	62.5	19.2	6.8	2.2	14.3	4.9	6.7	36.4	9.2	25.1	263.6
1981	135	61	91.7	54.2	0	0.1	3.6	6.2	0	53.3	38.9	110.3	554.3
1982	12.8	13.4	10.9	1.6	2.9	0	1.3	6.9	7.9	41.1	17.9	47.1	163.8
1983	69.6	137.1	130.6	77.1	27.9	13.4	84.1	54.9	11.5	15.6	28.1	79.9	729.8
1984	117	50.4	35.3	41.8	7.8	59.8	1.8	5.4	3.5	35	30.7	69.4	457.9
1985	24.9	100.2	46.1	22.7	19.1	45.3	1.5	9.1	7.8	41.2	45.7	50.6	414.2
1986	112.7	22.1	52.1	15.6	0.4	7.5	0.5	48.6	8.5	7.4	21.8	72.6	369.8
1987	101.3	98.9	58.6	42.8	8.1	4.1	0.3	25.6	1.5	53	13.9	56.8	464.9
1988	53.2	60.3	73.2	60.6	0.8	0.2	0	1.5	11.5	45.5	17.7	118.5	443
1989	263.2	147.4	177.2	110.9	11.2	4.1	11.2	16.2	4.6	47.4	19.2	52.2	864.8
1990	239.7	217.8	81.8	18.8	15.9	20	0	0	5.2	37.4	2	55.1	693.7
1991	38.6	25	143.5	3.1	0	26.2	1	6.9	6.1	17.7	41	22.6	331.7
1992	45.7	60	23	17.5	26.1	6.6	15.1	25.3	2.3	37.5	33.2	25.1	317.4
1993	195.1	115.1	57.1	27.7	22.3	3.2	8.9	59.6	38.8	27	65.5	139.7	760
1994	117	108.7	63.1	62	6.7	4.2	0	4.4	17.2	51.6	35.6	114.5	585
1995	36.3	115.9	179.4	17.7	25.6	0	2	4.3	29.8	38.7	40.6	45.6	535.9
1996	181.2	96.8	68	50.6	4.5	8.1	1.7	23.3	15.4	42	37.5	84.3	613.4
1997	79.7	157.2	65.2	13.4	6	0	0.5	29.5	28.6	15	84.5	88.8	568.4
1998	111	91.8	68.1	15.9	0	26.8	0.1	0.3	2.9	30.2	44.7	70.4	462.2
1999	96.9	165.3	79.5	78.1	1.7	2.1	2	0.7	41.5	40.5	6.1	74.3	588.7
2000	205.4	166	119	36	20.1	13.4	0	9.2	7.1	54.9	3.6	42.5	677.2
2001	186.9	126.1	149.4	88.1	13.5	1.5	15.7	34.6	6.7	65.3	68.3	50.2	806.3
2002	87.8	146.3	118.6	73.6	4.2	11	54.7	8.2	21.2	33.6	49.6	107	715.8
2003	108.1	128.5	97.7	35.3	32.9	2.5	4.5	19.3	14.5	29.3	31.3	118.1	622
2004	139.5	72.3	88.2	25	3.9	17.5	39.3	42.8	16.4	25.9	35.7	98.7	605.2
2005	61.2	126.1	78.1	30.2	0	0	1.2	5.7	15.6	16.8	32.8	61.5	429.2
2006	151.5	70.8	86	33.2	0	3.4	2.4	16.5	6.5	64.7	64.4	126.7	626.1
2007	131.4	66.9	133.2	47.5	17.7	1.1	2.5	6.8	3.5	43.7	31.8	94.9	581
2008	131	111.2	89.8	24.2	6.2	22	2.4	2.8	6.9	36.2	38.8	112.6	584.1
MEDIA	105.49	100.61	92.57	43.66	9.96	8.43	8.93	17.07	15.84	32.40	31.20	75.20	541.37
D. STAND.	59.68	50.98	48.78	27.12	10.08	12.27	15.91	21.83	13.44	16.69	18.93	34.02	
Abb	Datos Completados y extendidos												

4.3. VARIACION ESTACIONAL DE LA PRECIPITACION

Con la finalidad de describir eventos extremos en el régimen de las lluvias, se ha realizado un análisis de tormentas.

Análisis de Tormentas

En la Selva Alta la distribución de lluvias a lo largo del año es marcadamente estacional, puesto que las lluvias se dan principalmente en el verano. Los meses

Lluviosos (Diciembre a Marzo) pueden concentrar algo más del 50 % del total anual de precipitación.

Para el análisis de precipitaciones máximas se ha considerado las Estaciones de Quincemil, Puerto Maldonado e Iñapari, porque están distribuidas a lo largo de la cuenca. La data de mayor utilidad que existe para este efecto, es la de precipitación máxima mensual para 24 horas, que presenta el total de lluvia máximo ocurrido en un día del mes considerado. Esta cifra debe tomarse con reservas, ya que entre otras razones, el total de lluvia de un día puede producirse en breves minutos u horas de ese mismo día, lo que aumentaría severamente su potencial erosivo e inundable, o por el contrario, producirse a lo largo de muchas horas del período de registro, lo que implicaría un reducido volumen por unidad de tiempo y baja intensidad erosiva, estas son situaciones que no se pueden saber del registro evaluado. Asimismo la máxima mensual no presenta las condiciones de los demás días del mes, y estos tienen distintos efectos según se trate de lluvias fuertes esporádicas, o lluvias de baja intensidad pero diarias. En el Cuadro 4.12 se muestra las precipitaciones máximas diarias de las tres estaciones.

Cuadro N° 4.12: Precipitaciones Máximas Diarias (mm/día)

Estación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Quincemil	1974	1977	1965	2008	1976	1966	2001	2000	2001	2008	1972	1968
	258	322.1	255	205.8	169.8	159	191	209.8	167.8	199.6	274	300.3
Puerto Maldonado	1985	1982	1982	1984	1966	1968	1982	1972	1976	1984	1985	1962
	167	220	366	182	144	146	127	97	107.5	169	124	134
Iñapari	1973	1975	1996	1976	2001	1975	1968	2007	1965	1966	1975	1972
	97	115	81	92	49.2	54	64.3	70.5	75.5	83.8	75	74

Fuente: SENAMHI

En Quincemil se observa que para el año 1966 lo que precipitó en un día no supera el 30 % de la precipitación total mensual registrada para ese año. El valor máximo de precipitación para 24 horas se registró en Febrero de 1977 (322,1 mm); este valor no representa ni el 5% de la precipitación total anual para ese año.

Estos valores de precipitación máxima en 24 horas, siendo porcentualmente bajos, resultarían muy altos para otras zonas, como la sierra, donde la precipitación total anual varía entre 600 y 900 mm. En cambio, en un lugar como Quincemil, donde llueve casi 7 000 mm al año, 150 mm en un día no llega a considerarse un evento anómalo o excepcional. Entonces se deduce que es común para esta estación meteorológica registrar lluvias de tal magnitud en un solo día.

En la Estación Quincemil no se presenta gran variabilidad en volumen e intensidad de precipitación interanual, siendo la diferencia no mayor al 20 % del valor de la media entre los años de menor y mayor precipitación; es decir, no se aprecian años de sequía o de lluvias excesivamente abundantes con respecto al promedio.

En el mes de Mayo del 2001 en Iñapari llovió como máximo 49.2 mm, lo que representó el 69% del total de lluvia para ese mes; sin embargo, esta cifra no es anómala para esta zona.

Para Puerto Maldonado, en marzo de 1982, la precipitación registrada en 24 horas equivale al 65% del total de precipitación de ese mes, y también equivale a un 10% del total de ese año (3728 mm), lo que lo convierte en un evento fuera de lo normal si tomamos en cuenta que la precipitación promedio para esta zona es de 2000 mm.

Régimen de la Precipitación Estacional

Las precipitaciones en la parte que conforma el llano amazónico son continuas durante todo el año, variando la intensidad de acuerdo a la estacionalidad, siendo más intensas durante los meses de Octubre a Abril, y registrando menor precipitación en los meses de Junio a Agosto, siendo de transición, los meses de Mayo y Setiembre.

En la parte alta de la cuenca las precipitaciones son estacionales, empezando a mediados de la primavera en el mes de Setiembre, prolongándose hasta el otoño en el mes de Abril, existiendo una época de estiaje durante los meses de mayo a setiembre.

4.4. GRADIENTE DE PRECIPITACION - ALTITUD

Para determinar el gradiente de Precipitación - Altitud se correlacionó la altitud de las estaciones con la precipitación total anual de cada una de las estaciones completada y extendida para un periodo de 45 años (1964-2008) y que se puede observar en el Cuadro N° 4.13. Según el Gráfico 4.4 la ecuación que más se ajusta es de regresión lineal de tipo exponencial; sin embargo, la relación entre la Precipitación y la Altitud no guarda una correlación significativa (0.5). Por lo cual no es recomendable transferir información a cualquier punto de las unidades hidrográficas para determinar su precipitación.

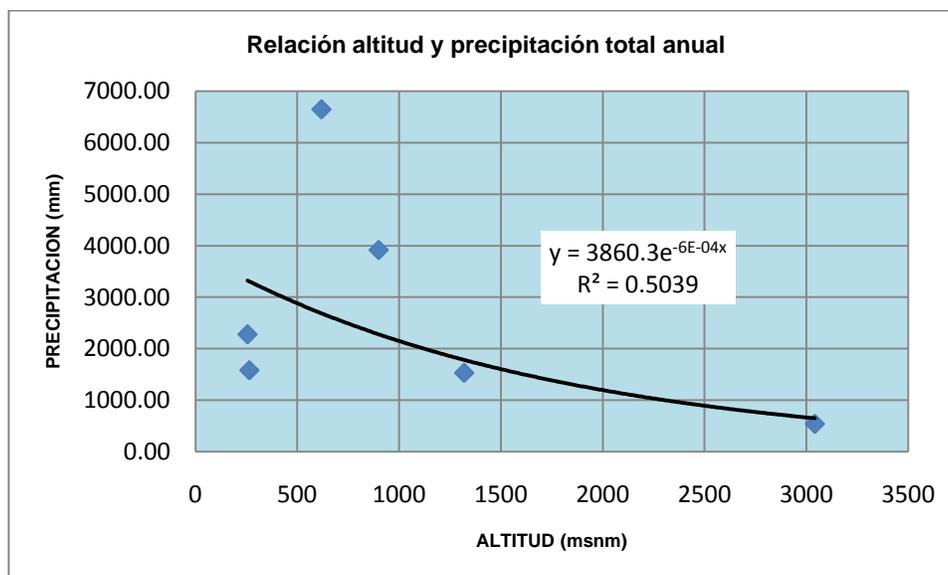
Cuadro N° 4.13: Precipitación Promedio Multianual (1964-2008)

ITEM	ESTACION	ALTITUD	TOTAL
1	Pto. Maldonado	256	2280.06
2	Pilcopata	900	3916.89
3	Iñapari	265	1582.68
4	Quincemil	619	6646.90
5	Paucartambo	3042	541.37
6	Tambopata	1320	1531.84
	Promedio		2749.96

Con el propósito de tener curvas de igual precipitación se realizó el dibujo de las curvas Isoyetas a nivel mensual y una anual en la zona de estudio. En el Anexo I se presentan los mapas de Isoyetas de enero a diciembre y otra anual para el periodo 1948-2008.

La precipitación promedio anual es de 2750 mm y guarda relación con el mapa de Isoyetas, ya que gran parte del área de la cuenca (45%) se encuentra entre los 2000 – 3000 mm de precipitación. La zona de Quincemil es la más lluviosa, con precipitaciones de más de 6000 mm.

Gráfico N° 4.4: Relación Altitud y Precipitación Total Anual



La precipitación media mensual de la zona de estudio, se ha obtenido a partir del promedio mensual de las 6 Estaciones, tal como se presenta en el Cuadro N° 4.14.

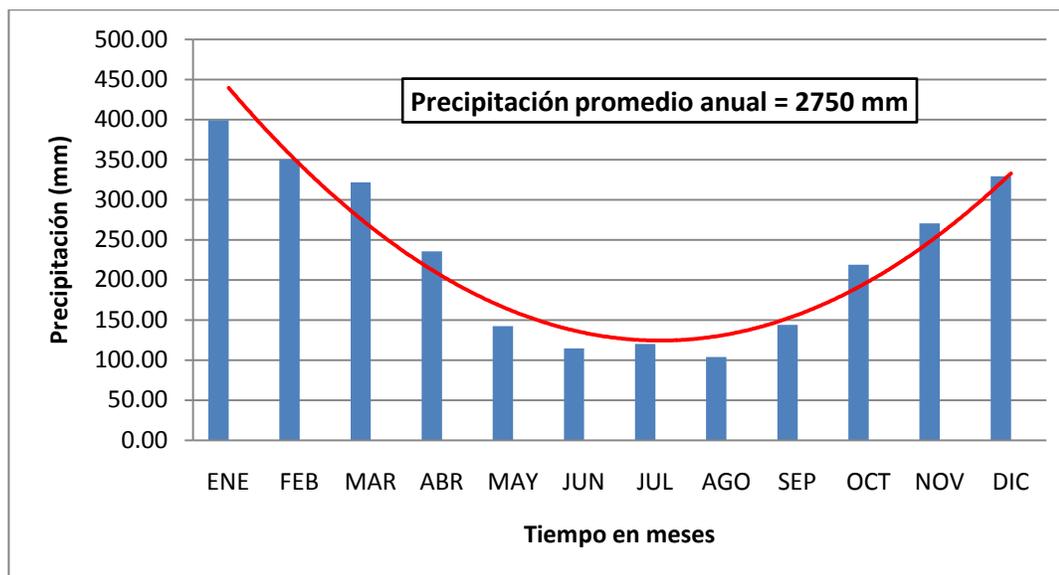
Cuadro N° 4.14: Precipitación promedio mensual

ITEM	ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	Pto. Maldonado	339.52	340.82	278.90	189.52	127.52	62.86	54.37	62.87	100.07	174.87	246.59	302.16
2	Pilcopata	538.33	508.47	486.17	365.07	225.78	154.13	173.50	176.28	262.55	259.78	386.94	379.89
3	Ñapari	207.14	201.87	222.12	164.26	78.35	38.31	33.52	32.48	92.10	138.02	172.89	201.63
4	Quincemil	965.33	758.26	663.12	525.80	354.59	375.86	407.24	274.65	316.16	575.58	623.75	806.57
5	Paucartambo	105.49	100.61	92.57	43.66	9.96	8.43	8.93	17.07	15.84	32.40	31.20	75.20
6	Tambopata	238.75	191.16	187.35	125.86	57.34	47.04	42.72	60.51	76.53	133.10	162.09	209.40
	Promedio	399.09	350.20	321.70	235.69	142.26	114.44	120.05	103.98	143.87	218.96	270.58	329.14

Se ha graficado la variación de la precipitación promedio mensual de la zona de estudio, en donde se observa que las lluvias se inician en octubre y se prolonga hasta el mes de abril, con transiciones en los meses de Mayo y Setiembre y con período de estiaje corto de 03 meses, desde Junio a Agosto. Los mayores valores se registran en los meses de Diciembre a Marzo, por encima de los 300 mm/mes,

y el menor valor se presenta en Agosto, con 104 mm/mes. En el Cuadro N° 4.14 y en el Gráfico N° 4.5 se muestra esta variación.

Gráfico N° 4.5: Variación de la Precipitación Promedio Mensual 1948-2008



V. GESTION DEL AGUA

Hoy en día, el agua se encuentra cada vez más comprometida con el incremento permanente de las demandas para el uso doméstico, minero, agrícola, lo cual, principalmente, viene ocasionando contaminación producida por los fluidos residuales. Esta escasez de orden cualitativo da como resultado que el agua esté disponible, pero en calidad inadecuada para su consumo, lo que exige tratamiento cada vez más complejos.

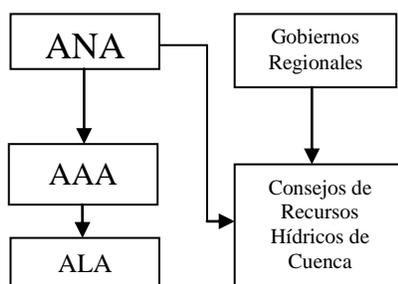
Tal situación ha promovido la búsqueda de modelos de gestión, que permitan conciliar las demandas con la disposición hídrica que vaya de la mano con un marco legal acorde a la realidad.

El marco legal vigente para la administración de aguas en el Perú está regido por la Ley N° 29338 - Ley Recursos Hídricos (LRH), publicada el 31 de marzo de 2009, que en su Artículo 14° indica que la Autoridad Nacional del Agua (ANA) es el ente rector y la máxima autoridad técnico-normativo del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos; y el Artículo 17° establece que la organización y estructura básica de la ANA está compuesta, entre otros, por órganos desconcentrados denominados Autoridades Administrativas del Agua (AAA) y Administraciones Locales de Agua (ALA).

Así mismo la LRH indica que la cuenca hidrográfica constituye el ámbito territorial básico para la planificación de la gestión del agua y corresponde a la AAA la conducción del proceso de elaboración e implementación de los planes de gestión de recursos hídricos en la cuenca.

Los Consejos de Cuenca o Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca, son órganos del ANA, pero nacen por iniciativa de los Gobiernos Regionales, tiene una composición más representativa de los actores de la zona y su ámbito puede ser uno más ALAs pero no mayor a una AAA.

Grafico N° 5.1: Sistema Nacional de Recurso Hídricos. Ley N° 29338



En cuanto a la gestión del agua en cuencas amazónicas, caso de la cuenca del río Madre de Dios, la ley establece que la gestión del agua tiene por finalidad planificar y ejecutar acciones de protección y manejo sostenible del agua con participación de comunidades nativas, propiciando el desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático.

Dentro de las estrategias para la gestión integrada del agua amazónica se encuentran:

- Tener una visión estratégica común de la cuenca amazónica.
- Identificar recursos hídricos en situación de riesgo de deterioro ambiental.
- Identificar fuentes de contaminación del agua.
- Capacitación técnica.
- Disminución de los daños por inundaciones
- Recuperación de los bosques, riberas, sobre todo en relación con las zonas de los tramos altos y medio del río.

En cuanto a las comunidades nativas, la ley indica que éstas pueden organizarse en subcuencas, respetando sus usos y costumbres para toda actividad cultural, social o económica, y tienen participación directa en los Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca.

Finalmente, en cuanto a las cuencas transfronterizas, el ANA junto con el Ministerio de Relaciones Exteriores coordinan para tomar acuerdos sobre divergencia o suscriben tratados para la gestión integrada del agua en estas cuencas.

Todos estos temas están considerados en la LRH, sin embargo, a la fecha se tiene instaladas las ALAs que anteriormente eran las Administraciones Técnicas de

Distritos de Riegos (ATDR), el siguiente paso es la constitución de las AAA y los Consejos de Cuenca.

En la Cuenca Madre de Dios está considerada la creación de la AAA Madre de Dios, cuyo ámbito es materia del presente Estudio (111,933 Km²). Dentro de ella se encuentran 2 ALAs, la ALA Maldonado, ubicada en la ciudad de Puerto Maldonado y la ALA Inambari, ubicada en Macusani, esta última es una sub sede de la ALA Huancané.

ASPECTOS CRÍTICOS DE LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Los problemas relevantes de la Gestión de los Recursos Hídricos en la cuenca del río Madre de Dios están dentro de los siguientes aspectos:

Marco Jurídico e Institucional

Autoridades débiles, informalidad y desorden en la gestión del agua. Diversidad de autoridades con competencias a nivel nacional y local, con intervención fraccionada y desarticulada en la administración del agua.

Planeamiento de la Gestión de los Recursos Hídricos.

Ausencia de un diagnóstico actualizado de los recursos hídricos en cuanto a las fuentes de agua superficial y subterránea, de la cantidad y calidad de los recursos disponibles, y de las demandas por los diferentes usuarios.

Usos de los Recursos Hídricos.

Altos volúmenes de sedimentos en los cauces de los ríos producto de la minería, la deforestación, etc., en todo el ámbito de la cuenca, y carencia de programas de reforestación y uso apropiado del suelo para reducir los efectos negativos.

Calidad del agua.

Deterioro creciente de la calidad del agua como consecuencia de la contaminación por:

- i) Vertimientos de aguas servidas sin tratar y arrojado de residuos sólidos.
- ii) Efluentes no controlados de la industria.
- iii) Relaves mineros, y pasivos ambientales principalmente de la minería informal.
- iv) Narcotráfico y explotación de hidrocarburos.
- v) Erosión de las cuencas y acarreo continuo de sedimentos.

Desarrollo de Capacidades y Cultura del Agua.

- Los usuarios de agua, en una alta proporción, desconocen el marco jurídico y normativo actual, desconocen sus deberes, derechos y obligaciones, predominando la informalidad e ilegalidad en el uso del agua especialmente de riego.
- Poca importancia por parte de los usuarios, para cuidar de la calidad y al buen uso del agua. No existe una cultura de ahorro y uso eficiente, falta de conciencia del valor económico, social y ambiental del agua.
- Sector público encargado de la gestión del agua con limitadas oportunidades de mejoramiento de su capacidad técnica, escasos recursos humanos.
- Programas de capacitación de actores de la gestión del agua no sostenibles por una permanente rotación de personal y bajas remuneraciones.

Información Hidrometeorológica.

Falta de estaciones hidrométricas y meteorológicas.

5.1 DISPONIBILIDAD DEL AGUA

La disponibilidad de agua en la cuenca de gestión, está supeditada a la disponibilidad de agua superficial y subterránea.

Recursos hídricos superficiales

El caudal del río Madre de Dios, según diversos estudios a la altura de Puerto Maldonado, es en promedio de 6,577.9 m³/s, el cual genera un volumen de 207,440.65 MMC. Sin embargo este presenta variaciones muy marcadas a lo largo del año y depende de sus principales tributarios como el Inambari, Las Piedras y el Tambopata. Muchos estudios hacen referencia a diversos caudales encontrados y esto depende de la época y el lugar en que se realizó dicho estudio. Lamentablemente no se cuenta con ninguna estación hidrométrica en dichos ríos.

Para estimar la disponibilidad del agua en la cuenca se ha considerado trabajar con el balance hídrico climático que será desarrollado más adelante.

Las Estaciones meteorológicas seleccionadas para realizar este análisis fueron: Quincemil, Puerto Maldonado e Iñapari. Estas tres estaciones son las más representativas en general, tienen más años de registros, mayor consistencia y distribución espacial. Las Estaciones de Salvación y Pakitza tienen pocos años de registro, se instalaron en el 2001. Las Estaciones de Pilcopata e Iberia están desactivas, funcionaron hasta 1989 y 1974 respectivamente. Las Estaciones de Paucartambo y Crucero están fuera de la Cuenca. La Estación de Tambopata está muy al extremo SO de la cuenca. Ante ello se presenta en el Cuadro N° 5.1 la siguiente distribución de las Unidades Hidrográficas:

Cuadro N° 5.1: Influencia de la Estaciones por Cuencas

	Estación	Cuenca	Área (ha)
1	Quincemil	Alto Madre de Dios, Inambari	5'464,710
2	Puerto Maldonado	Medio Alto, Medio, Medio Bajo, Tambopata y las Piedras.	3'960,330
3	Iñapari	Tahuamanu y Alto Acre	1'768,260
	Total		11'193,300

La oferta de agua está dada por el exceso de agua, que es el agua que excede la reserva máxima y que se habrá perdido por escorrentía superficial y profunda. De acuerdo a ello se muestra los resultados de la oferta de agua de las tres Estaciones seleccionadas en los Cuadros N° 5.2, N° 5.3 y N° 5.4.

Cuadro N° 5.2: Oferta de Agua en la Estación Quincemil

Latitud:	13°14' S	Estacion Quincemil /CLI - S											Distr:	Camanti
Longitud:	70°44' W	Balance Hídrico mensual (mm)											Prov:	Quispicanch
Altura:	619 msnm												Dpto:	Cusco
Balance	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
Etp	96.85	98.75	98.63	93.45	83.79	73.75	72.08	83.99	93.23	98.97	99.08	97.29	1089.86	
Pp	965.33	758.26	663.12	525.80	354.59	375.86	407.24	274.65	316.16	575.58	623.75	806.57	6646.90	
Pp - Etp	868.48	659.51	564.49	432.35	270.80	302.11	335.16	190.66	222.93	476.61	524.66	709.27		
Reserva	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		
Variacion de R	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Etr	96.85	98.75	98.63	93.45	83.79	73.75	72.08	83.99	93.23	98.97	99.08	97.29		
Falta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Exceso	868.48	659.51	564.49	432.35	270.80	302.11	335.16	190.66	222.93	476.61	524.66	709.27	5557.04	
Area ha	5,464,710	5,464,710	5,464,710	5,464,710	5,464,710	5,464,710	5,464,710	5,464,710	5,464,710	5,464,710	5,464,710	5,464,710	5,464,710	
Volumen m3	4.75E+10	3.604E+10	3.085E+10	2.3627E+10	1.48E+10	1.651E+10	1.8315E+10	1.0419E+10	1.218E+10	2.6045E+10	2.867E+10	3.876E+10	3.0368E+11	
Volumen MMC	47,459.96	36,040.53	30,847.77	23,626.83	14,798.50	16,509.20	18,315.46	10,418.91	12,182.34	26,045.42	28,671.41	38,759.80	303,676.13	

En la Estación Quincemil se observa que todo el año hay exceso de agua por lo que se espera que la oferta de agua supere largamente a la demanda. Este es típico de zonas súper húmedos y cálido, propia de la selva alta. Según el área de influencia la cuenca del Alto Madre de Dios y el Inambari se estima que la oferta del agua es 303,676 MMC.

Cuadro N° 5.3: Oferta de Agua en la Estación Puerto Maldonado

Latitud:	12°37' S	Estacion Puerto Maldonado /CLI - S											Distr:	Tambopata
Longitud:	69°12' W	Balance Hídrico mensual (mm)											Prov:	Tambopata
Altura:	256 msnm												Dpto:	Madre de Di
Balance	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
Etp	129.02	129.19	129.52	121.70	103.45	86.09	91.46	108.67	122.82	139.79	135.10	117.91	1414.72	
Pp	339.52	340.82	278.90	189.52	127.52	62.86	54.37	62.87	100.07	174.87	246.59	302.16	2280.06	
Pp - Etp	210.50	211.63	149.37	67.83	24.06	-23.24	-37.09	-45.80	-22.75	35.08	111.49	184.24		
Reserva	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	76.76	39.67	0.00	0.00	35.08	100.00	100.00		
Variacion de R	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-23.24	-37.09	-39.67	0.00	35.08	64.92	0.00	
Etr	129.02	129.19	129.52	121.70	103.45	86.09	91.46	102.54	100.07	139.79	135.10	117.91		
Falta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.12	22.75	0.00	0.00	0.00	28.87	
Exceso	210.50	211.63	149.37	67.83	24.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.57	184.24	894.21	
Area ha	3,960,330	3,960,330	3,960,330	3,960,330	3,960,330	3,960,330	3,960,330	3,960,330	3,960,330	3,960,330	3,960,330	3,960,330	3,960,330	
Volumen m3	8.34E+09	8.381E+09	5.916E+09	2686190631	952956606	0	0	0	0	0	1.844E+09	7.297E+09	3.5413E+10	
Volumen MMC	8,336.46	8,381.11	5,915.69	2,686.19	952.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,844.39	7,296.69	35,413.49	

En la Estación Puerto Maldonado se observa que existe un déficit pequeño que se da en los meses de Agosto y Setiembre, y la mayor parte existe exceso que se pierde en los ríos. La oferta de agua en la cuenca del Medio Alto, Medio, Medio Bajo, Tambopata y Las Piedras se estima en 35,413 MMC.

Cuadro N° 5.4: Oferta de Agua en la Estación Iñapari

Latitud:	10° 57'1	Estacion Iñapari											Distr:	Iñapari
Longitud:	69° 36'1	Balance Hídrico mensual (mm)											Prov:	Tahuamanu
Altura:	265 msnm												Dpto:	Madre de Di
Balance	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
Etp	125.73	121.10	125.73	122.52	105.32	98.47	87.22	109.38	119.84	129.16	126.87	126.05	1397.38	
Pp	207.14	201.87	222.12	164.26	78.35	38.31	33.52	32.48	92.10	138.02	172.89	201.63	1582.68	
Pp - Etp	81.41	80.78	96.39	41.73	-26.97	-60.16	-53.70	-76.90	-27.74	8.85	46.02	75.58		
Reserva	100.00	100.00	100.00	100.00	73.03	12.87	0.00	0.00	0.00	8.85	54.88	100.00		
Variacion de R	0.00	0.00	0.00	0.00	-26.97	-60.16	-12.87	0.00	0.00	8.85	46.02	45.12		
Etr	125.73	121.10	125.73	122.52	105.32	98.47	46.39	32.48	92.10	129.16	126.87	126.05		
Falta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.83	76.90	27.74	0.00	0.00	0.00	145.47	
Exceso	81.41	80.78	96.39	41.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.46	330.76	
Area ha	1,768,260	1,768,260	1,768,260	1,768,260	1,768,260	1,768,260	1,768,260	1,768,260	1,768,260	1,768,260	1,768,260	1,768,260	1,768,260	
Volumen m3	1.44E+09	1.428E+09	1.704E+09	737975452	0	0	0	0	0	0	0	538572701	5848745894	
Volumen MMC	1,439.48	1,428.31	1,704.40	737.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	538.57	5,848.75	

En la Estación Iñapari el déficit de agua se amplía a 3 meses de Julio a Setiembre, pero el exceso sigue siendo mayor. La oferta de agua en la cuenca del Tahuamanu y Alto Acre se estima en 5,848 MMC.

En total se tiene un potencial de agua aprovechable en toda la Cuenca Madre de Dios de 344,938 MMC, tal como nos muestra el Cuadro N° 5.5.

Cuadro N° 5.5: Resumen de la Oferta de Agua

	Estación	Cuenca	Área (ha)	Volumen MMC
1	Quincemil	Alto Madre de Dios, Inambari	5,464,710	303,676
2	Puerto Maldonado	Medio Alto, Medio, Medio Bajo, Tambopata y las Piedras.	3,960,330	35,413
3	Iñapari	Tahuamanu y Alto Acre	1,768,260	5,849
	Total		11,193,300	344,938

Fuente: Elaboración propia

La oferta de agua es bastante grande debido a que se está considerando que la Estación Quincemil, que presenta mayor exceso de agua, influye en la cuenca de mayor tamaño como es la del Alto Madre de Dios. Sin embargo, esta cantidad de agua que discurre por estas cuencas está siendo severamente afectada por la actividad minera y los desagües de la ciudad. Por lo tanto, la disponibilidad de agua de buena calidad está muy en duda, se requiere hacer un análisis químico de las aguas y monitorearlo permanentemente.

Ahora, una forma de determinar la descarga del río Madre de Dios en el límite fronterizo con Bolivia, es considerando los volúmenes de la Estación Quincemil y Estación Puerto Maldonado, que suman 339,089 MMC, esto equivale a un caudal de 10,750 m³/s.

Los caudales de los principales ríos, obtenidos durante este estudio se muestran en el Cuadro N° 5.6. Estos Caudales se determinaron considerando el ancho, profundidad media y velocidad media. Esto guarda cierta relación con la disponibilidad de agua en la cuenca.

Cuadro N° 5.6: Aforos puntuales estimados

Rios	Caudal m ³ /s	Volumen MMC
Tambopata	2,050.00	64,648.80
Las Piedras	180.00	5,676.48
Inambari	1,900.00	59,918.40
Heath	65.00	2,049.84
Madre de Dios	6,500.00	204,984.00
Acre	56.00	1,766.02
Tahuamanu	175.00	5,518.80
Total		344,562.34

La ubicación de los puntos de aforo se encuentran en el Anexo II: Fichas Hidrográficas, el cual muestra el levantamiento de información realizado en el recorrido por los principales ríos, quebradas y lagos de las cuencas.

Disponibilidad de agua subterránea en la cuenca

Las reservas de aguas subterráneas representan el volumen de agua almacenada en el reservorio acuífero. Las aguas subterráneas son parte del ciclo hidrológico. Parte del agua que cae por la precipitación, se incorpora a los lagos, ríos, arroyos y océanos y otra parte es absorbida por la vegetación, la cual transpira el agua de nuevo hacia la atmósfera. El agua que no se evapora directamente de los lagos y ríos o es transpirada por las plantas, se filtra a través del subsuelo y pasa a formar los acuíferos subterráneos.

De acuerdo al mapa hidrogeológico del INGEMMET, la cuenca en el llano amazónico, que involucra a todas las unidades hidrográficas, presenta acuíferos generalmente extensos, con productividad elevada (permeabilidad elevada), en la parte media existen acuíferos extensos pero solo moderadamente productivos (permeabilidad media), en la parte alta de la cuenca del Tambopata e Inambari existen acuíferos locales, en zonas fracturadas o meteorizadas en formaciones consolidadas, sin excluir acuíferos cautivos más productivos (permeabilidad baja a muy baja); así mismo, en la parte alta del Inambari (Provincia de Quispicanchi) y en la parte alta de la cuenca del Alto Madre de Dios (Provincia de Paucartambo) existen formaciones generalmente sin acuíferos (permeabilidad muy baja). Las reservas potenciales aprovechables en el llano amazónico son de aproximadamente 511.5 MMC por año, lo que equivale a un caudal medio anual de 16.22 m³/s⁵.

Calidad de agua

En la cuenca de gestión, la calidad de agua está determinada por el uso que se da al recurso, ello influye en los niveles de contaminación y en el deterioro no solo de la salud, sino de los ecosistemas existentes, lo cual perjudica el desarrollo de la

⁵ Estudio de Meso Zonificación Ecológica-Económica del Corredor Interoceánico Sur Tramo Iñapari-Inambari. INADE 2007

cuenca. Si bien es cierto que en el estudio no se ha considerado tomar muestras de calidad de agua, se puede observar a simple vista el deterioro de las aguas por la actividad minera, la deforestación de los bosques, los desagües de las ciudades y los residuos sólidos que se arrojan al río. Por ejemplo, las ciudades de Huapetuhe y Boca Colorado no cuentan con desagüe, a pesar de ser capitales de distrito, esto es un gran problema que no solo depende de las autoridades sino de la población en general que tiene la costumbre de vivir en estas condiciones.



Foto N° 5.1: Río Huapetuhe, cargado de sedimentos por la minería y desagües.

Por otro lado, el agua para consumo humano no está tratada muchas veces, simplemente es bombeado y va directo a redes domiciliarias.

Sin embargo, el Estudio de Meso Zonificación Ecológico Económico del Corredor Interoceánico Sur Tramo Iñapari-Inambari⁵, realizó un análisis de calidad de agua en el 2006, el cual indica que la calidad de agua superficial para uso poblacional son de buena potabilidad para el río Loromayo, aunque existen aguas que son de naturaleza ácida que va desde un pH de 3.7 a 6.3. El río Madre de Dios arrojó un pH 5,9, y el río Huapetuhe 4.0.

En cuanto a la calidad para uso agrícola, a pesar de ser una actividad pequeña en la cuenca, ya que la mayoría de cultivos se da por secano, los resultados indican que no existe peligro de salinidad ni peligro de agua sódica, lo que indican buenas condiciones para el riego.

Así mismo, el estudio indica que la calidad de agua para uso pecuario son de excelente calidad.

El Estudio de Walsh-Perú, también hizo análisis de agua en el tramo 3, Iñapari-Inambari de la Carretera Interoceánica, donde se evaluaron turbidez, sólidos totales disueltos (STD), sólidos totales suspendidos, cloruros, conductividad,

salinidad, hidrocarburos totales de petróleo (HTP), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto (OD), pH y temperatura, cuyos resultados se muestran en el Cuadro N° 5.7.

Cuadro N° 5.7: Resultados Calidad de Agua

Estacion de Muestreo	Tur UNT	STD mg/	STS mg/	CL mg	CE us/cm	S °/oo ppm	HTP mg/	DBO mg/L	OD mg/	pH	Tem (°C)
Estandar de comparación	Desc	500	-	250	-	Desc	40	15	3	6.5-8.5	
Q. Loromayo	218	300	5	49	522	0,3R	N.D.	N.D.	5.2	7.1	28.1
Q. Dos de mayo	153	21	994	N.D.	36	N.D.	N.D.	N.D.	5.9	7.2	27.8
R. Yaverija	28	141	15	N.D.	246	0.1	N.D.	N.D.	58	6.8	N.R.
Q. Primavera	10.6	66	6	N.D.	115	0.1	N.D.	N.D.	5.8	6.2	27.9
Q. Noaya	29.3	185	23	N.D.	325	0.2	N.D.	2	5.3	64	28.9
R.Tahuamanu	19.4	109	1640	5	191	0.1	N.D.	N.D.	5.5	7.1	29.5
R. Jayave	85	N.D.	162	N.D.	57.9	0.1	N.D.	N.D.	7.6	7.12	29.5
R. Madre de Dios	215	41	488	1	103.21	0.2	N.D.	N.D.	5.4	7.43	26.6
Q. Planchon	1.11	N.D.	N.D.	1	90	0.3	N.D.	4	5.3	5.07	25.2
Q. Alegría	13	12	12	1	107.87	0.5	N.D.	N.D.	4.7	6.3	24.7
R. Mavila	67	26	141	1	91.4	0.3	N.D.	N.D.	5.5	6.42	26.7

FUENTE: WALSH-PERU: EISA FINAL CORREDOR VIAL INTEROCEÁNICO SUR, PERÚ - BRASIL: TRAMO 3

La turbidez presenta valores que fluctúan entre 1,11 UNT en Quebrada Planchón, y 218,00 UNT en la Quebrada Loromayo. Este rango de variación debe considerarse como normal para la temporada húmeda, donde las aguas acarrean sedimentos productos de la lluvia.

Respecto a los sólidos totales disueltos, estos fluctúan entre valores menores al límite máximo permisible, llegando a 300 mg/L en la Quebrada Loromayo.

Las concentraciones de cloruros varían entre valores menores al límite máximo permisible, llegando a 49 mg/L en la Quebrada Loromayo. La máxima concentración es menor al estándar de comparación en 80%.

La conductividad eléctrica más significativa fue de 522 µs/cm en la Quebrada Loromayo.

La salinidad reporta como máximo valor 0,5 ‰ en la Quebrada Alegría. Las concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo en todas las estaciones de monitoreo son menores al límite de cuantificación del método de análisis empleado por el laboratorio; siendo éste largamente menor al estándar de comparación adoptado para éste estudio.

La demanda bioquímica de oxígeno en todas las estaciones de monitoreo es largamente menor al estándar de comparación adoptado para este estudio.

La Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), mediante R.D. N° 1152-2005/DIGESA/SA del 03 de agosto de 2005, ha establecido la clasificación de los principales cuerpos de agua del Perú, dando clasificación Clase VI (Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa y comercial) al río Madre de Dios. De los resultados se puede apreciar que para el parámetro oxígeno disuelto el valor registrado (5,40 mg/L) es superior al valor referido, indicando que es un cuerpo de agua con buenas condiciones de oxigenación. Respecto al valor de DBO5, el laboratorio reporta valores por debajo del límite de detección del método (3 mg/L), cumpliendo con lo establecido en la norma referida.

Por otro lado, el agua subterránea es muy usada en comunidades y centros poblados que se encuentran lejos de ríos y quebradas o en zonas donde las aguas superficiales son escasas o contaminadas no apto para consumo directo. En general, los resultados indican que son de buena potabilidad, aptas para consumo humano.

5.2 INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA

En la cuenca del río Madre de Dios es casi nula la infraestructura hidráulica para riego. La mayoría de la infraestructura hidráulica y la gestión del agua han sido desarrolladas principalmente para valles costeros, donde se ubican las principales ciudades y actividades económicas del país, existiendo déficit de infraestructura para la parte media y alta de las cuencas, donde están emplazadas las comunidades y pueblos andinos y donde se desarrollan las actividades productivas alto-andinas.

Es muy limitada (casi nula) la capacidad de prevención y de inversiones en manejo de las partes altas de la cuenca lo que genera un deterioro y contaminación de los ríos.

Se puede indicar que en la Quebrada Jayabe existe una canal de riego para el cultivo de arroz, pero es bastante rústico, así como su captación sobre este río.

Cabe resaltar la existencia de la Central Hidroeléctrica de San Gabán con una potencia instalada de 110 MW, que capta las aguas del río San Gabán, y está compuesta de una captación, cámara de carga o reservorio y túnel de conducción.

Adicionalmente a los recursos del río San Gabán, la empresa cuenta con los recursos hídricos de cinco Lagunas (Macusani: Chungará, Parinajota, Chaumicocha, Isococha y en Corani: Suytococho), en las que se represa agua en épocas de avenida para ser utilizada en la generación de energía eléctrica en épocas de estiaje. La capacidad total de Embalse es de 37,46 MMC. La descarga de las lagunas se realiza entre los meses de Junio y Octubre (estiaje). En el año 2005 se ha presentado el mayor estiaje desde la puesta en servicio de la Central (año 2000), lo que se ha visto reflejado tanto en el limitado volumen de agua embalsada en las lagunas, como en los caudales registrados en el río San Gabán. Con la finalidad de mejorar la disponibilidad de recursos hídricos, se hacen trabajos en pequeñas lagunas de la cuenca del Río Corani.



Foto N° 5.2. Represamiento de Laguna Suytocochoa

5.3 ESTADO ACTUAL DEL USO DEL AGUA POR DIVERSAS FUENTES

La demanda hídrica en la cuenca de gestión es utilizada en los diferentes sectores que implican el desarrollo de las actividades humanas, siendo el uso poblacional el más importante con un 70.66% (Ver Cuadro N° 5.8), esto, debido al crecimiento poblacional que se viene dando en las ciudades. Además, según el Instituto Nacional de Estadística en Informática (INEI) la principal actividad económica en la Región de Madre de Dios es el comercio.

A continuación se presenta el cuadro resumen de los usos actuales de agua en los diferentes sectores existentes en la cuenca.

Cuadro N° 5.8: Usos Actuales por Sectores en la Cuenca

Usos	Volumen Disponible MMC	Volumen consumido Actual MMC	Porcentaje (%)	Tarifa vigente S/.m3	Monto recaudado S/.
Poblacional	16.43	4.63	70.66	0.00424	19,614.31
Minero	14.71	0.77	11.80	0.03048	23,553.48
Industrial	6.56	1.15	17.54	0.04634	53,223.81
Cría y Explotación de Animales	0.28	0.00	0.00		0.00
Recreación y turismo	0.00	0.00	0.00		0.00
Piscicola	1.38	0.00	0.00		0.00
TOTAL	39.36	6.55	100.00		96,391.60

Fuente: ALA Maldonado. 2010.

Como se mencionó anteriormente, en la jurisdicción de la ALA Maldonado no existe usuarios de riego de uso Agrario, solamente hay una resolución de reconocimiento de la junta directiva del comité de regantes “Perla del Jayabe”.

El volumen disponible es obtenido de acuerdo al caudal aforado en la fuente de agua, el volumen consumido es lo que se otorga mediante resolución. En primer lugar está el uso poblacional, que tiene como usuario principal a la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Tambopata (EMAPAT SRLTDA). El volumen otorgado para uso Minero representa solo el 11.8% y el Industrial el 17.54%. Sin embargo, se sabe que el minero usa una cantidad de agua extremadamente mayor, si contamos las Dragas que usan agua de los ríos, y el agua del subsuelo que sale a la superficie cuando excavan con maquinarias, pero no hay control de ello.

Por otro lado, el mayor monto recaudado es por uso industrial, y supera tres veces más al poblacional y más del doble al minero. Los usos para la cría y explotación

de animales, recreación y turismo y piscícola, no cuentan con una tarifa de agua. El monto total recaudado durante el 2010 por la ALA Maldonado fue de S/. 96,391.6. (Ver Cuadro N° 5.8).

Actualmente existen 279 usuarios de los cuales 225 están activos, es decir, están pagando, y el resto no tiene vigente su resolución, tal como nos muestra el Cuadro N° 5.9

Cuadro N° 5.9: Número de Usuarios por Demanda.

USUARIOS	Activo	No Activo	TOTAL
Poblacional	84	16	100
Minero	94	31	125
Industrial	26	7	33
Cría y Explotación de Animales	5	0	5
Recreación y turismo	10	0	10
Piscicola	6	0	6
SUB - TOTAL	225	54	279

Fuente: ALA Maldonado 2010

Estos usos se otorgan a través de Resoluciones Administrativas, que pueden ser licencias, permisos y autorizaciones; expeditas por la Administración Local de Aguas Maldonado (ALA Maldonado), quien permite atender estos requerimientos. Según el Cuadro N° 5.10 existen 279 resoluciones de las cuales la mayoría son permisos (51.3%).

Cuadro N° 5.10: Número de Resoluciones

Tipo de Resolución	Cantidad	Porcentaje
Licencias	89	31.9
Permisos	143	51.3
Autorización	33	11.8
Caducidad o Extinción	14	5.0
Total	279	100.0

Fuente: ALA Maldonado 2010.

VI. USOS Y DEMANDAS DEL AGUA

6.1 ASPECTOS GENERALES

En general, los usos de agua resultan despreciables dada la magnitud de la cuenca. Sólo se tienen usos poblacionales reducidos para las poblaciones pequeñas que se localizan en la zona. La agricultura es una actividad reducida en la zona, se siembra cerca de 12,000 ha bajo secano, principalmente, por ser una región forestal por excelencia y sus consumos dependen básicamente de las lluvias estacionales.

Hay un uso minero de las aguas superficiales en varios ríos del área de la cuenca del Alto Madre de Dios, Inambari y Tambopata. Se trata de un uso marcadamente informal, en el que se aprovechan la presencia de oro aluvial entre los sedimentos fluviales de los ríos y quebradas. En algunos casos, la actividad minera es intensa cerca de la Carretera Interoceánica, como en las quebradas Guacamayo, Dos de Mayo (km 318); también en el río Inambari y quebradas cercanas a Mazuko; y en

otros casos, la actividad minera se halla a varios km de la carretera, como sucede en el río Jayabe, y el río Madre de Dios, principalmente en la localidad de Laberinto.

6.2 DEMANDA HIDRICA PARA USO AGRARIO

La agricultura en la cuenca es mayoritariamente bajo secano, salvo pequeñas iniciáticas de riego como el comité de regantes “La Perla del Jayabe” que tiene un área de 20 ha de cultivo de arroz con rendimiento de 6000 kg/ha, está ubicado en la cuenca baja del Inambari, específicamente en quebrada Jayabe. Por lo tanto, la agricultura bajo riego es despreciable en comparación con los sembríos bajo secano.

Bajo esta premisa el uso agrícola del agua se convierte en el de mayor demanda del recurso; esto se verifica tomando en cuenta las cédulas de cultivo, áreas de siembra y módulos de riego para las campañas agrícolas.

Los principales cultivos bajo secano en la región Madre de Dios están dados por el Maíz Amarillo, Arroz y el pasto *Brachearia*. En total se tiene un área de siembra de cultivos bajo secano de 11,825 ha en el 2009.

Para estimar una demanda de estos cultivos se aplicó el coeficiente de riego, que es un estimado para zonas de selva, aunque no específicamente Madre de Dios. Lo cual nos permitió obtener una demanda de 124 MMC, que estaría cubierta ampliamente por la disponibilidad de agua (Ver Capítulo V). En el Cuadro N° 6.1 se muestra con mayor detalle la demanda de los cultivos.

En la parte alta de la cuenca, en las regiones de Cusco y Puno se tiene una agricultura de minifundio o de subsistencia que deben requerir pequeños canales para la siembra con siembras de papa, olluco, maíz, etc.

Así mismo, recientemente (Mayo 2010) el café que se siembra en la cuenca alta del Tambopata (Puno), específicamente el distrito de Putina Punco, fue considerado como el mejor café orgánico del mundo⁶ en un certamen internacional en EEUU. Este tipo de cultivo ha generado expectativas para ampliar los sembríos en la zona.

Así mismo, recientemente (Mayo 2010) el café que se siembra en la cuenca alta del Tambopata (Puno), específicamente el distrito de Putina Punco, fue considerado como el mejor café orgánico del mundo⁷ en un certamen internacional en EEUU. Este tipo de cultivo ha generado expectativas para ampliar los sembríos en la zona.

⁶ Medios Locales Programa de TV “Cuarto Poder”.

⁷ Medios Locales Programa de TV “Cuarto Poder”.

Cuadro N° 6.1: Demanda de los Principales Cultivos en Madre de Dios

	Cultivo	Siembra (ha)	Coefficiente de Cultivo m ³ /ha*	Demanda MMC
1	Maiz A. Duro	4,567.50	7100	32.43
2	Arroz Cascara	4,201.50	14000	58.82
3	Brachearia	1,385.00	12000	16.62
4	Yuca	718.60	10900	7.83
5	Platano	484.50	10800	5.23
6	Frijol G Seco	212.00	4200	0.89
7	Copuazu	55.00	10800	0.59
8	Maiz Choclo	50.00	7100	0.36
9	Uncucha	44.35	10900	0.48
10	Sandia	25.50	10800	0.28
11	Camote	24.95	3000	0.07
12	Papaya	18.75	10800	0.20
13	Piña	15.20	10800	0.16
14	Cocona	8.00	10800	0.09
15	Zapallo	6.50	4500	0.03
16	Palta	2.75	10800	0.03
17	Cocotero	1.75	10800	0.02
18	Naranja	1.50	10800	0.02
19	Pijuayo	1.00	10800	0.01
20	Mandarina	0.75	10800	0.01
21	Mango	0.50	10800	0.01
22	Limon	0.25	10800	0.00
	TOTAL	11,825.85		124.18
Fuente: Direccion Regional Agraria MDD 2009				
* ATDR Maldonado INRENA 2008				



Foto N° 6.1 Cultivo de maíz, zona de Marcapata

Así mismo, recientemente (Mayo 2010) el café que se siembra en la cuenca alta del Tambopata (Puno), específicamente el distrito de Putina Punco, fue considerado como el mejor café orgánico del mundo en un certamen internacional en EEUU. Este tipo de cultivo ha generado expectativas para ampliar los sembríos en la zona.



Foto N° 6.2: Secando el café en la cuenca del Inambari Tambopata.

Otro cultivo significativo en la ceja de selva es la Coca, que según el último estudio de siembra de coca en el Perú, existe un área de 4600 ha en toda la cuenca del río Madre de Dios, que se distribuye de la siguiente manera:

Cuadro N° 6.2: Distribución Cultivo de Coca en la Cuenca Madre de Dios

Zona de cultivo	Cuenca	Área (ha)
San Gabán	Inambari	742
Inambari Tambopata	Inambari Tambopata	3519
Kosñipata	Alto Madre de Dios	340
Total		4601

Fuente: Diario el Comercio. 23/06/2010. DEVIDA.

Con esta cantidad de hectáreas, este cultivo se convierte en una de las principales agriculturas bajo secano de la cuenca, el cual llegaría a implicar una demanda aproximada de 32.6 MMC al año.



Foto N° 6.3: Cultivo de Coca entre la cuenca del Inambari y Tambopata. Sector Sandia.

6.3 DEMANDA HIDRICA PARA USO NO AGRARIO

La demanda hídrica para uso no agrario esta dado por el uso poblacional, industrial y minero principalmente, el cual se explicó en el Capítulo V.

A continuación se presenta un cuadro resumen de las principales actividades en la zona:

Cuadro N° 6.3: Demanda de Agua para Uso no Agrario

Usos	Volumen Disponible MMC	Volumen consumido Actual MMC	Porcentaje (%)
Poblacional	16.43	4.63	70.66
Minero	14.71	0.77	11.80
Industrial	6.56	1.15	17.54
Cría y Explotación de Animales	0.28	0.00	0.00
Recreación y turismo	0.00	0.00	0.00
Piscicola	1.38	0.00	0.00
TOTAL	39.36	6.55	100.00
Fuente: ALA Maldonado 2010			

Como se puede observar en el Cuadro N° 6.3, la mayor demanda de agua está dada por agua potable, en la cual la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado Tambopata (EMAPAT S.R.LTDA) consume el 54% del volumen consumido total. Esta demanda atiende una población creciente que bordea los 80 mil habitantes y que representa el 30% de la población total de la cuenca. Las demandas de agua de la población de la cuenca son atendidas con agua superficial y subterránea. El primero atiende a grandes ciudades como puerto Maldonado que usa las aguas

del río Madre de Dios, otras son, Sandía y Macusani. Las aguas subterráneas son usadas por centros poblados. Sin embargo, es conveniente monitorear la calidad del agua por que vienen siendo afectadas por las actividades antrópicas.

En la parte alta de la Cuenca, como Puno y Cuzco, existen empresas municipales que administran el agua potable de estas regiones, sin embargo, no abastece todos los lugares, por lo que un gran número de pobladores satisface sus demandas por medio de manantiales y pequeños riachuelos.

En la cuenca, se sabe que la minería es una de las principales actividades, aunque se desconoce su real consumo del agua por la gran informalidad y falta de control que impera en la zona. Existen minerales muy cotizados en el mundo, como la plata, el oro, plomo, cobre, entre los principales, por lo que se constituye en un potencial de desarrollo.

La actividad minera tiene una superficie total de 556,893.78 ha, que las ocupan 2,367 concesiones. Las concesiones mineras se ubican en diferentes partes de la cuenca, principalmente están en la parte baja y alta a orillas de cauces, la mayoría usan aguas de los ríos y agua del subsuelo que aflora producto de las excavaciones.

La demanda de agua por minería, según las autorizaciones de uso de agua, va desde los 5,000 m³ hasta los 45,000 m³ por año. Para un total de 125 usuarios, sin embargo, el volumen disponible puede llegar a 1 MMC.

El uso de agua en la actividad industrial, se destina a canteras, plantas industriales y aserraderos, llegando al 17,5% del total consumido para uso no agrario. La empresa de mayor importancia en este rubro que se encuentra en la cuenca es CONIRSA S.A. (Empresa encargada de construir el tramo 3 de la Carretera Interoceánica). El uso industrial demanda aproximadamente 1.15 MMC por año que representa el 0.88 % de la demanda del agua en la cuenca, sin embargo, no se cuenta con datos de la industria no metálica, como las fábricas de queso, leche, entre otras, que en las partes altas consume agua para la elaboración de sus productos.

6.4 OTROS CONSUMOS DE AGUA

Existen otros consumos como la cría y explotación de animales, recreación y turismo y piscícola, en total se tiene registrados 21 usuarios con autorizaciones de uso de agua, sin embargo, no hay una retribución de estos usos por qué no se cuenta con una tarifa de agua vigente.

Cabe resaltar que existen varias actividades eco turísticas como albergues, restaurantes campestres que represan aguajales o piscinas que requieren regularizar su situación.

VII. BALANCE HIDRICO CLIMATICO POR THORNTHWAITE

La realización del Balance Hídrico es importante para conocer el déficit y exceso de agua, conocimiento importante de mucha ayuda en la planificación hidrológica, además, es necesario para realizar la caracterización climática.

7.1 METODOLOGIA

Para la obtención de un balance hídrico se ha optado por el Balance Hídrico climático según Thornthwaite 1957, que dan una aproximación de las disponibilidades de agua en un lugar o región.

Largas series de evapotranspiración potencial o de referencia (ET_o), son difíciles de disponer. Esto condujo al desarrollo de un gran número de fórmulas para su estimación a partir de diferentes variables meteorológicas. La ecuación de Penman-Monteith (P-M) para el cálculo de la ET_o es la que mejores estimaciones proporciona, pero a veces, la dificultad es la falta de información sobre humedad del aire, velocidad del viento y radiación solar, si bien esta última puede estimarse con confianza cuando se dispone de los valores de insolación.

La precipitación es el elemento meteorológico de mayor variabilidad espacial y temporal. Favorece la acumulación de humedad en el suelo desde donde queda disponible para ser utilizada por las plantas. La influencia de la precipitación, abarca tanto la época de plantación y cosecha como así también las labores culturales, almacenamiento y transporte de la producción.

La evapotranspiración potencial y la precipitación son elementos climáticos independientes; en su marcha anual difícilmente coinciden en tiempo y espacio.

Las series de excesos y deficiencias son las de mayor interés por ser los componentes más utilizados para caracterizar el balance de agua en el suelo a nivel regional.

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial según Thornthwaite (1948) se empleo el programa HidroEsta (Máximo Villón) el cual requiere información de temperaturas medias mensuales y la latitud de la cual obtiene las horas de sol.

7.2 INFORMACION DISPONIBLE

El Balance Hídrico Climático según Thornthwaite se construye a partir de la evapotranspiración potencial (ET_o) y la precipitación (P) medias mensuales para un período de años. Se ha realizado el balance hídrico de 10 Estaciones meteorológicas. Para el cálculo de ET_o se utilizaron las temperaturas medias mensuales (T) de acuerdo a la información disponible (Ver Anexo III). En el caso de la precipitación se utilizó una serie histórica de 45 años (1964-2008) con la información completada y extendida para las 6 Estaciones seleccionadas (Ver Capítulo IV); para las Estaciones de Iberia, Pakitza, Crucero y Salvación fueron tomados los registros históricos sin completar. Se trabajó con una capacidad media de retención de agua en el suelo de 100 milímetros (mm).

Conociendo los valores mensuales de ET_o y disponiendo de los registros de Precipitación se obtiene el balance hídrico anual. De esta manera, se puede conocer el agua que se pierde por evaporación desde el suelo y por transpiración de las plantas, también la cantidad de agua almacenada en el suelo y aquella que se escurre superficialmente y en profundidad. Así habrá meses en que el aporte de agua será suficiente y meses en los que se registren excesos o deficiencias de agua en el suelo. También pueden darse situaciones extremas en que durante todo el año las lluvias sobrepasen las necesidades de agua o viceversa, como es típico en zonas húmedas y tropicales de la cuenca del río Madre de Dios.

7.3 ASPECTOS GENERALES

Partiendo del conocimiento de las precipitaciones medias mensuales y de la evapotranspiración mensual estimada, podemos estudiar el balance del agua en el suelo a lo largo del año. El conocimiento del balance de humedad (balance hídrico) es necesario para definir la falta y excesos de agua y es de aplicación para las clasificaciones climáticas, definir la hidrología de una zona y para la planificación hidráulica. En este tema abordaremos el método de estimación del balance hídrico directo y exponencial. En el método directo el agua del suelo se va perdiendo mes a mes hasta agotar la reserva para poder cubrir las necesidades de agua

En el método exponencial, la reserva de humedad del suelo se va agotando exponencialmente, la pérdida de agua durante el período seco se ajusta a una exponencial negativa de manera que cuanto más seco está el suelo más difícil es extraer el agua y, por tanto, más difícil es llegar a la evapotranspiración.

Para fines de este estudio se va aplicar el método directo.

Método Directo

El Balance Hídrico consiste en definir mes a mes los siguientes parámetros en mm:

- P : precipitación media o mediana mensual
- ET : evapotranspiración (potencial o de referencia)
- P-ET : diferencia entre la P y la ET
- R : reserva del suelo
- VR : variación de la reserva
- ETR : evapotranspiración real
- F : falta
- Ex : exceso
- D : drenaje

A continuación se detallarán los diferentes parámetros, que intervienen en el Balance Hídrico:

P: precipitación

Es la precipitación media obtenida de las estaciones meteorológicas

ET: evapotranspiración potencial

Es la evapotranspiración que se producirá si la humedad del suelo y la cobertura vegetal estuvieran en condiciones óptimas. La evapotranspiración potencial está en función de la temperatura media, con una corrección en función de la duración astronómica y el número de días del mes. El método es muy empleado en Hidrología de cuencas. También es empleado en los índices y clasificaciones climáticas.

P-ET: diferencia entre la P y la ET

Es el balance mensual de entradas y salidas potenciales de agua del suelo. La diferencia nos clasifica los meses en seco ($P-ET < 0$) y en húmedo ($P-ET > 0$), según las entradas superen o no a las salidas potenciales.

R: reserva del suelo

Cuando en un mes se produzcan más entradas que salidas, ($P > ET$) el agua sobrante pasará a engrosar la reserva del suelo; por el contrario, cuando las salidas sean mayores que las entradas, se reducirá la reserva del suelo.

Sin embargo, el suelo tiene una capacidad de retención de humedad en función de sus características físicas y cuando se alcance la capacidad de retención máxima del suelo, el agua añadida "en exceso" escurrirá superficialmente o en profundidad. Por lo tanto, debemos exponer el concepto de reserva máxima o cantidad de agua por unidad de superficie en mm, que el suelo es capaz de almacenar en su perfil.

Como referencia climática se toma una reserva máxima de una lámina de 100 mm. El valor se toma como referencia climática para comparaciones entre distintas zonas (independientemente del suelo y vegetación). Thornthwaite y Mather (1955), dieron valores de reserva máxima entre 50 mm y 400 mm; por otro lado, Thornthwaite (1948), en su clasificación climática utilizó como referencia climática la reserva de 100 mm, y Turc en su índice de productividad agrícola emplea una reserva de 100 mm (RFU = "reservoir facilement utilisable").

Si queremos modelar la realidad, desde un punto de vista edafológico o de regadío, podemos calcular para cada horizonte del suelo (y para la suma de todos hasta la profundidad efectiva del perfil edáfico) la capacidad para retener agua, como la diferencia entre el contenido de agua a capacidad de campo y en el punto de marchitez o estimarlo en función de las respectivas texturas.

Si consideramos también la vegetación, la profundidad del suelo donde tienen lugar las pérdidas por evapotranspiración, viene definida por la profundidad del sistema radicular de la vegetación y, por tanto, la reserva máxima será la capacidad del suelo para retener agua hasta esa profundidad.

En el Balance Hídrico, la reserva del mes se calcula agregando los incrementos ($P-ET$) cuando estos son positivos.

Así, la reserva en el mes "i" en función de la del mes anterior "i-1" será:

$$\begin{aligned} R_i &= R_{i-1} + (P_i - ET_i) && \text{si } 0 < R_{i-1} + (P_i - ET_i) < R_{\text{máx}}, \\ R_i &= R_{\text{máx}} && \text{si } R_{i-1} + (P_i - ET_i) > R_{\text{máx}}, \\ R_i &= 0, && \text{si } 0 > R_{i-1} + (P_i - ET_i) \end{aligned}$$

Los valores de la reserva se irán acumulando mes a mes en el período húmedo, según los incrementos ($P-ET > 0$), y disminuirán al llegar el período seco, decreciendo mes a mes según los valores mensuales ($P-ET < 0$). Como hemos visto, la reserva nunca tendrá como valor, uno mayor que la reserva máxima, ni un número negativo.

Como se aprecia en la fórmula, necesitamos la reserva del mes anterior para comenzar el cálculo de la reserva, para ello, asignamos un valor hipotético a un mes y realizamos ciclos anuales de cálculo (aunque el cuadro del balance hídrico tenga un mes inicial y otro final) hasta que la hipótesis de que partimos se confirme al final del ciclo.

A efectos de cálculo, se suele suponer que después del período seco la reserva del suelo es nula, en consecuencia se empieza el cálculo de "R" con el primer mes húmedo y se asigna al mes anterior una reserva nula. Si, tras los cálculos, al final del período seco quedase agua en el suelo, se deberán recalcular las reservas agregando la reserva existente al final del período seco a las reservas del período húmedo. Si de nuevo se modificase la reserva del último mes seco se volvería a calcular otra vez la reserva.

Si todos los meses son húmedos podemos utilizar los supuestos anteriores, pero en todo caso llegaremos a que la reserva es igual a la reserva máxima para todos los meses. Por el contrario, si todos los meses son secos la reserva será nula en todos los meses.

VR: variación de la reserva

Es la diferencia entre la reserva del mes en el que estamos realizando el cálculo y la reserva del mes anterior:

$$VR_i = R_i - R_{i-1}$$

ETR: evapotranspiración real

La evapotranspiración real es el volumen de agua que realmente se evapotranspira en el mes, dependiendo de que haya suficiente agua disponible para evaporar y así llegar a la ET potencial o de referencia o no (por tanto, la ETi es siempre mayor o igual a la ETRi). El agua disponible para evaporar será la que cae como precipitación en el mes considerado y la existente en la reserva del suelo.

En el período húmedo, al cubrir la precipitación la demanda potencial la ET real es igual a la potencial; es decir, $ETR_i = ET_i$. Para caso del estudio se tomara esta situación, debido a que los cultivos bajo riego son mínimos.

En el período seco, el agua que se evapora será el agua de precipitación más la que extraemos del suelo ó se toma el valor absoluto); es decir: $ETR_i = P_i + |VR_i|$

F: falta de agua

Es el volumen de agua que falta para cubrir las necesidades potenciales de agua (para evaporar y transpirar).

Por tanto, la falta de agua es: $F_i = ET_i - ETR_i$.

Ex: exceso de agua

Es el agua que excede de la reserva máxima y que se habrá perdido por escorrentía superficial o profunda.

Por tanto:

$$Ex_i = [P_i - ET_i - VR_i] \quad \text{si} \quad (P_i - ET_i) > 0$$

$$\text{Exi} = 0 \quad \text{si} \quad (\text{Pi} - \text{ETi}) \leq 0$$

Como es lógico sólo puede haber exceso si la precipitación ha compensado previamente la ET, es decir, en los meses húmedos.

7.3.1. Oferta de Agua

La oferta de agua se estimó en el Capítulo V: Gestión del agua, específicamente en el Ítem 5.1. Disponibilidad del agua; en el cual se determinó una oferta de 344,938 MMC.

7.3.2. Demanda de Agua

La demanda de agua en la cuenca Madre de Dios es utilizada en los diferentes sectores que implican el desarrollo de las actividades humanas. A continuación se presenta un cuadro resumen de los usos actuales de agua en los diferentes sectores existentes en la cuenca. El uso agrícola está dado mayoritariamente por una agricultura bajo secano y su demanda se determinó por su coeficiente de riego (Ver Capítulo VI). La demanda por uso poblacional, Industrial y Minero se determinó de acuerdo a la autorización de agua expedida por el ALA Maldonado.

Cuadro N° 7.1: Demandas de Usos por Sectores en la Cuenca

Usos	Masa MMC	Porcentaje (%)
Agrícola y Pecuario	124.18	94.99
Poblacional	4.63	3.54
Industrial	1.15	0.88
Minero	0.77	0.59
TOTAL	130.73	100.00

7.4 BALANCE HIDRICO

7.4.1. Balance Hídrico Método Thornthwaite

Para el cálculo del balance hídrico en la Cuenca del río Madre de Dios, se emplearon los datos de Temperatura y Precipitación, de las diferentes estaciones meteorológicas de la cuenca; para el cálculo de la evapotranspiración potencial se empleó el software HidroEsta de Máximo Villón, que calcula por el Método de Thornthwaite. A continuación se hace una descripción de los resultados obtenidos en las 10 Estaciones meteorológicas espacialmente distribuidas en el ámbito de la Cuenca del río Madre de Dios.

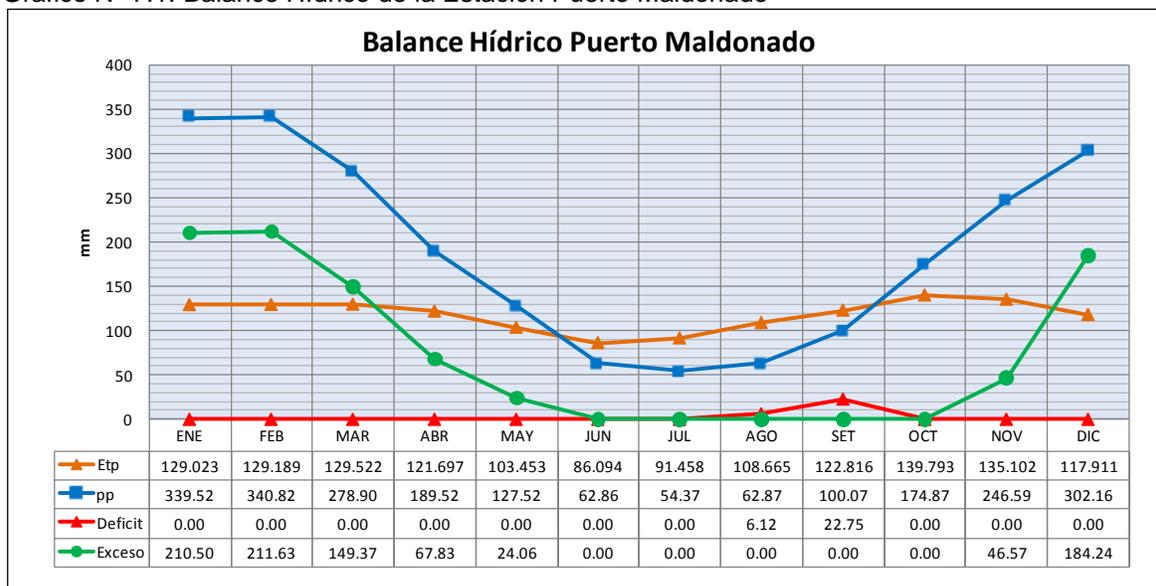
a). Balance Hídrico de la Estación Puerto Maldonado

El balance hídrico de la Estación Puerto Maldonado, se presenta en el Cuadro N° 7.2 y Grafico N° 7.1, observándose que la precipitación media anual es de 2280.06 mm, la ETP alcanza un valor de 1414.72 mm/año, el déficit de agua es muy pequeño con un valor de 28.87 mm/año y un gran exceso de agua que alcanza un valor de 894.21 mm/año. Los valores del déficit se presentan también en los meses de Agosto y Setiembre y los excesos de agua se presentan en 07 meses desde Noviembre a Mayo.

Cuadro N° 7.2: Balance Hídrico de la Estación Puerto Maldonado

Latitud:	12°37' S		Estacion Puerto Maldonado /CU -S										Distr:	Tambopata
Longitud:	69°12' W		Balance Hídrico mensual (mm)										Prov:	Tambopata
Altura:	256 msnm												Dpto:	Madre de Dios
Balance	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
Etp	129.023	129.189	129.522	121.697	103.453	86.094	91.458	108.665	122.816	139.793	135.102	117.911	1414.72	
Pp	339.52	340.82	278.90	189.52	127.52	62.86	54.37	62.87	100.07	174.87	246.59	302.16	2280.06	
Pp - Etp	210.50	211.63	149.37	67.83	24.06	-23.24	-37.09	-45.80	-22.75	35.08	111.49	184.24		
Reserva	100	100	100	100	100	100	77	40	0	0	35	100	100	
Variacion de R	0	0	0	0	0	-23	-37	-40	0	35	65	0		
Etr	129.02	129.19	129.52	121.70	103.45	86.09	91.46	102.54	100.07	139.79	135.10	117.91		
Falta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.12	22.75	0.00	0.00	0.00	28.87	
Exceso	210.50	211.63	149.37	67.83	24.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.57	184.24	894.21	

Grafico N° 7.1: Balance Hídrico de la Estación Puerto Maldonado



Esta zona domina toda el área perteneciente a las Intercuencas de Medio Alto Madre de Dios, Medio Madre de Dios, Medio Bajo Madre de Dios, la Cuenca baja del Tambopata hasta la frontera con Bolivia. En el Grafico N° 7.2 se muestra la imagen de satélite de la cuenca Medio Alto y Medio Madre de Dios, perteneciente al llano amazónico, con ríos de tipo meándrico y cochas. Se observa aéreas deforestadas por la siembra de cultivos y el crecimiento urbano de las ciudades que se hallan mayormente a lo largo de Carretera Interoceánica. Las ciudades que se encuentran son: Puerto Maldonado y Laberinto.

Grafico N° 7.2: Imagen de Satélite de la Intercuenca Medio Alto Madre de Dios y Medio Madre de Dios.



La Cuenca Medio Bajo Madre de Dios, en el Grafico N° 7.3 es propia del llano amazónico pero que todavía conserva bosques naturales ya que se encuentran el Parque Nacional Bahuaja Sonene y la Reserva Nacional de Tambopata, que son áreas naturales protegidas por el estado. En cuanto al río Madre de Dios se observa que se vuelve más recto, disipando la forma meándrico.

Grafico N° 7.3. Imagen de Satélite de la Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios.



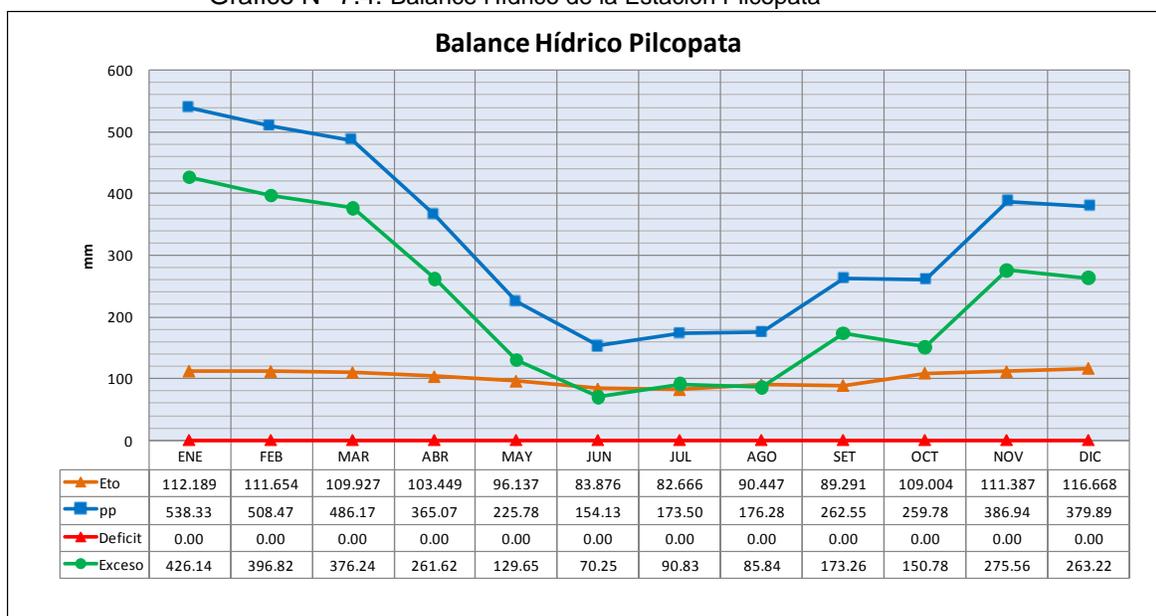
b). Balance Hídrico de la Estación Pilcopata

El balance hídrico de la Estación Pilcopata, se presenta en el Cuadro N° 7.3 y Grafico N° 7.4, observándose que la precipitación media anual es de 3916.89 mm, la ETP alcanza un valor de 1216.70 mm/año, no existe déficit de agua por lo que se considera que existe exceso de agua todo el año alcanzando un valor de 2700.19 mm/año. Nótese que en esta Estación, los 12 meses del año existe un exceso de agua, en donde la precipitación es 3.3 veces mayor que la ETP y esta permanece casi constante durante el año en los 100 mm/mes.

Cuadro N° 7.3: Balance Hídrico de la Estación Pilcopata

Latitud: 13° 05' S		Estacion Pilcopata /DRE - 12										Distr: Camanti	
Longitud: 71° 01' W		Balance Hídrico mensual (mm)										Prov: Quispicanchis	
Altura: 900 msnm												Dpto: Cusco	
Balance	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Etp	112.189	111.654	109.927	103.449	96.137	83.876	82.666	90.447	89.291	109.004	111.387	116.668	1216.70
Pp	538.33	508.47	486.17	365.07	225.78	154.13	173.50	176.28	262.55	259.78	386.94	379.89	3916.89
Pp - Etp	426.14	396.82	376.24	261.62	129.65	70.25	90.83	85.84	173.26	150.78	275.56	263.22	
Reserva	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Variacion de R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Etr	112.19	111.65	109.93	103.45	96.14	83.88	82.67	90.45	89.29	109.00	111.39	116.67	
Falta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exceso	426.14	396.82	376.24	261.62	129.65	70.25	90.83	85.84	173.26	150.78	275.56	263.22	2700.19

Gráfico N° 7.4: Balance Hídrico de la Estación Pilcopata



Esta zona domina toda la parte alta del área perteneciente a la cuenca Alto Madre de Dios entre las Estaciones de Paucartambo y Salvación. En el Gráfico N° 7.5 se muestra la imagen de satélite de la cuenca Alto Madre de Dios, nacimiento del río Madre de Dios. Para el lado del Alto Madre de Dios se observa nubosidad propia de la ceja de selva y selva alta, para terminar en el llano amazónico a 300 msnm. Para el lado del río Manu es una selva más baja con ríos de tipo meándrico y cochas. Se observa una gran vegetación por tener áreas de protección como el Parque Nacional del Manu y la Reserva Comunal

Amarakaeri; sin embargo, se muestra también aéreas que vienen siendo deforestadas por la actividad aurífera, siembra de cultivos y el crecimiento urbano de las ciudades que se hallan mayormente a lo largo de las Carreteras. Las ciudades que se encuentran son: Pilcopata, Salvación, Boca Manu, Huapetuhe y Colorado.

Grafico N° 7.5: Imagen de Satélite de la Intercuenca Alto Madre de Dios.



c). Balance Hídrico de la Estación Salvación

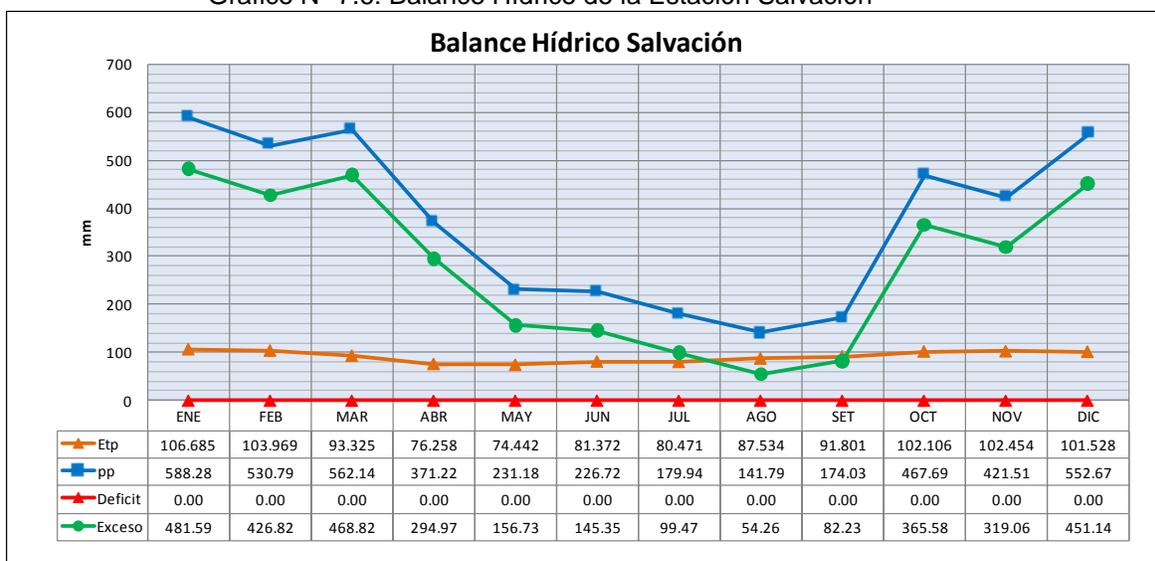
El balance hídrico de la Estación Salvación, se presenta en el Cuadro N° 7.4 y Grafico N° 7.6, observándose que la precipitación media anual es de 4447.95 mm, la ETP alcanza un valor de 1101.95 mm/año, no existe déficit de agua a lo largo del año por lo que el exceso de agua alcanza un valor alto, 3346.01 mm/año. Nótese que en esta Estación los 12 meses del año existe un exceso de

agua, en donde la precipitación es cuatro veces mayor que la ETP y esta permanece casi constante durante el año en los 100 mm/mes.

Cuadro N° 7.4: Balance Hídrico de la Estación Salvación

Latitud:	12°49' S	Estacion Salvación										Distr:	Salvación
Longitud:	71°21' W	Balance Hídrico mensual (mm)										Prov:	Manu
Altura:	548											Dpto:	Madre de Dios
Balance	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Etp	106.685	103.969	93.325	76.258	74.442	81.372	80.471	87.534	91.801	102.106	102.454	101.528	1101.95
Pp	588.28	530.79	562.14	371.22	231.18	226.72	179.94	141.79	174.03	467.69	421.51	552.67	4447.95
Pp - Etp	481.59	426.82	468.82	294.97	156.73	145.35	99.47	54.26	82.23	365.58	319.06	451.14	
Reserva	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Variacion de R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Etr	106.69	103.97	93.33	76.26	74.44	81.37	80.47	87.53	91.80	102.11	102.45	101.53	
Falta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exceso	481.59	426.82	468.82	294.97	156.73	145.35	99.47	54.26	82.23	365.58	319.06	451.14	3346.01

Grafico N° 7.6: Balance Hídrico de la Estación Salvación



Esta zona domina toda la parte alta del área perteneciente a la cuenca Alto Madre de Dios y parte del Inambari. En el Grafico N° 7.5 se muestra la cuenca a la cual pertenece la Estación Salvación.

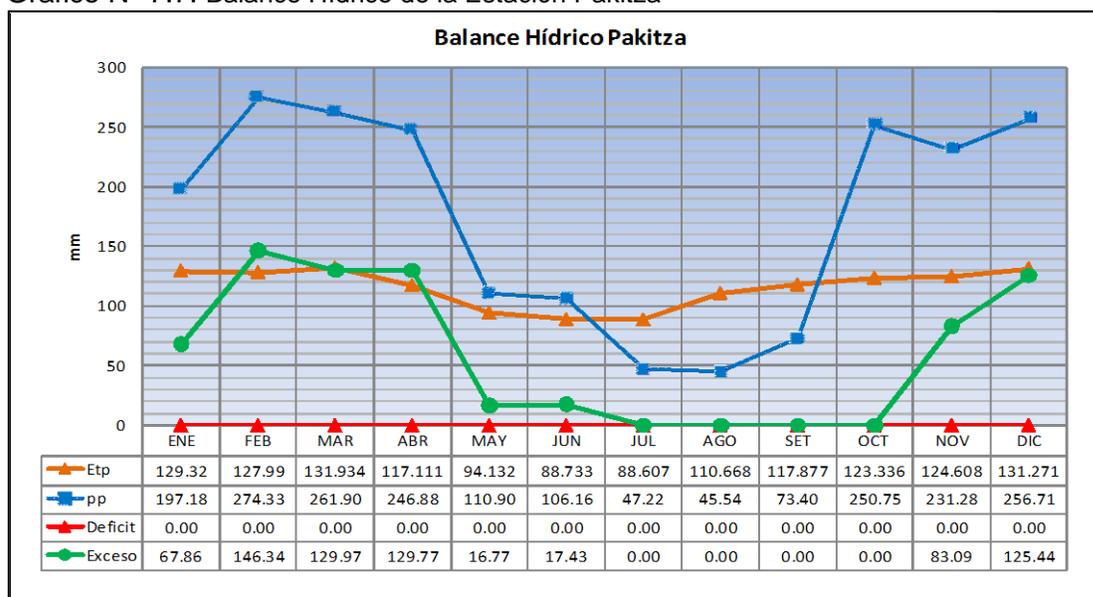
d). Balance Hídrico de la Estación Pakitza

El balance hídrico de la Estación Pakitza, se presenta en el Cuadro N° 7.5 y Grafico N° 7.7, observándose que la precipitación media anual es de 2102.24 mm, la ETP alcanza un valor de 1385.59 mm/año, no existe déficit de agua a lo largo del año y el exceso de agua alcanza un valor de 716.65 mm/año. Los excesos de agua se presentan en 08 meses desde Noviembre a Junio.

Cuadro N° 7.5: Balance Hídrico de la Estación Pakitza

Latitud:	11° 56' 39"S	Estacion Pakitza											Distr:	Madre de Dios
Longitud:	71° 16' 58"W	Balance Hídrico mensual (mm)											Prov:	Manu
Altura:	319												Dpto:	Madre de Dios
Balance	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
Etp	129.32	127.99	131.93	117.11	94.13	88.73	88.61	110.67	117.88	123.34	124.61	131.27	1385.59	
Pp	197.18	274.33	261.90	246.88	110.90	106.16	47.22	45.54	73.40	250.75	231.28	256.71	2102.24	
Pp - Etp	67.86	146.34	129.97	129.77	16.77	17.43	-41.39	-65.13	-44.48	127.41	106.67	125.44		
Reserva	100	100	100	100	100	100	59	-7	-51	76	100	100		
Variacion de R	0	0	0	0	0	0	-41	-65	-44.48	127	24	0		
Etr	129.32	127.99	131.93	117.11	94.13	88.73	88.61	110.67	117.88	123.34	124.61	131.27		
Falta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Exceso	67.86	146.34	129.97	129.77	16.77	17.43	0.00	0.00	0.00	0.00	83.09	125.44	716.65	

Grafico N° 7.7: Balance Hídrico de la Estación Pakitza



Esta zona domina la parte baja del área perteneciente a la cuenca Alto Madre de Dios, hasta la confluencia entre el río Madre de Dios y el río Inambari. En el Grafico N° 7.5 se muestra la cuenca a la cual pertenece la Estación Pakitza. La cuenca del río De las Piedras por ser colindante y por presentar ciertas

características fisiográficas similares, puede ser representada por la Estación Pakitza, tal como se nos muestra el Grafico N° 7.8

Grafico N° 7.8: Imagen de Satélite de la Cuenca De las Piedras.



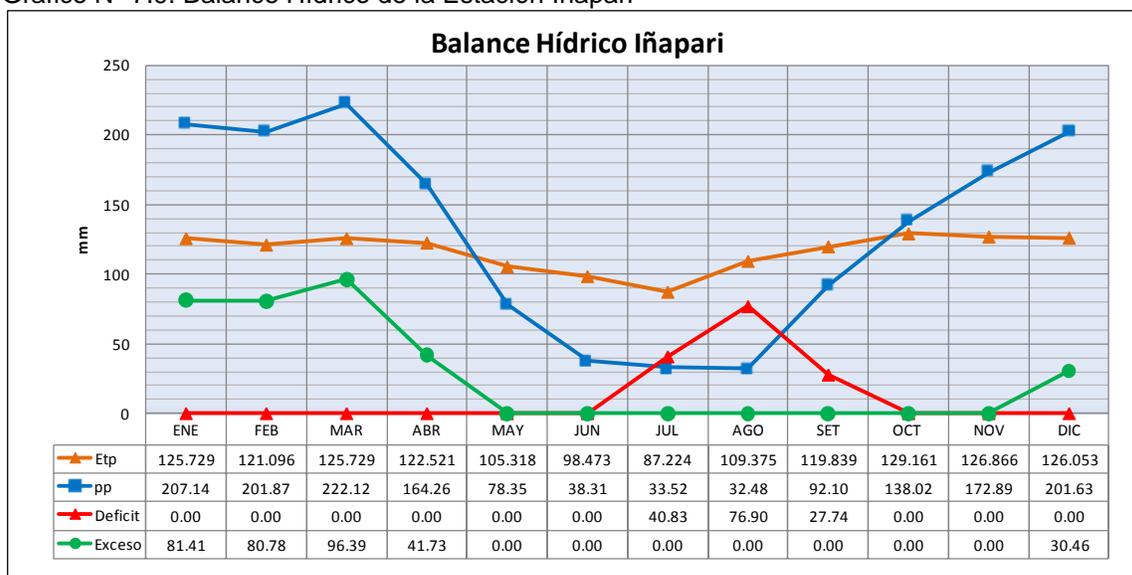
e). Balance Hídrico de la Estación Iñapari

El balance hídrico de la Estación Iñapari, se presenta en el Cuadro N° 7.6 y Grafico N° 7.9, observándose que la precipitación media anual es de 1582.68 mm, la ETP alcanza un valor de 1397.38 mm/año, el déficit de agua es pequeño con un valor de 145.47 mm/año y un exceso de agua que alcanza un valor de 330.76 mm/año. Los valores del déficit se presentan también en los meses de Julio a Setiembre y los excesos de agua se presentan en 05 meses, desde Diciembre a Abril.

Cuadro N° 7.6: Balance Hídrico de la Estación Iñapari

Latitud: 10° 57'1		Estacion Iñapari										Distr: Iñapari	
Longitud: 69° 36'1		Balance Hídrico mensual (mm)										Prov: Tahuamanu	
Altura: 265 msnm												Dpto: Madre de Dios	
Balance	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Etp	125.729	121.096	125.729	122.521	105.318	98.473	87.224	109.375	119.839	129.161	126.866	126.05	1397.38
Pp	207.14	201.87	222.12	164.26	78.35	38.31	33.52	32.48	92.10	138.02	172.89	201.63	1582.68
Pp - Etp	81.41	80.78	96.39	41.73	-26.97	-60.16	-53.70	-76.90	-27.74	8.85	46.02	75.58	
Reserva	100	100	100	100	100	13	0	0	0	8.85	55	100	
Variacion de R	0	0	0	0	-27	-60	-13	0	0	9	46	45	
Etr	125.73	121.10	125.73	122.52	105.32	98.47	46.39	32.48	92.10	129.16	126.87	126.05	
Falta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.83	76.90	27.74	0.00	0.00	0.00	145.47
Exceso	81.41	80.78	96.39	41.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.46	330.76

Grafico N° 7.9: Balance Hídrico de la Estación Iñapari



Esta zona domina toda el área perteneciente a la intercuenca Alto Acre y la frontera con Brasil y Bolivia. En el Grafico N° 7.10 se muestra la imagen de satélite de la cuenca Alto Acre con la frontera entre Brasil y Bolivia. Se observa que es una cuenca del llano amazónico de gran vegetación pero actualmente posee grandes concesiones forestales como Maderacre con 50,000 ha, Madeira 50,000 ha y la CCNN de Bélgica que tienen una extensión de 53,000 ha. El área deforestada es producto del crecimiento urbano de las ciudades y se encuentran a lo largo de Carretera Interoceánica. Las ciudades que se encuentran son: Iñapari y Assis por el lado Brasileiro.

Grafico N° 7.10. Imagen de Satélite de la Intercuenca Alto Acre.



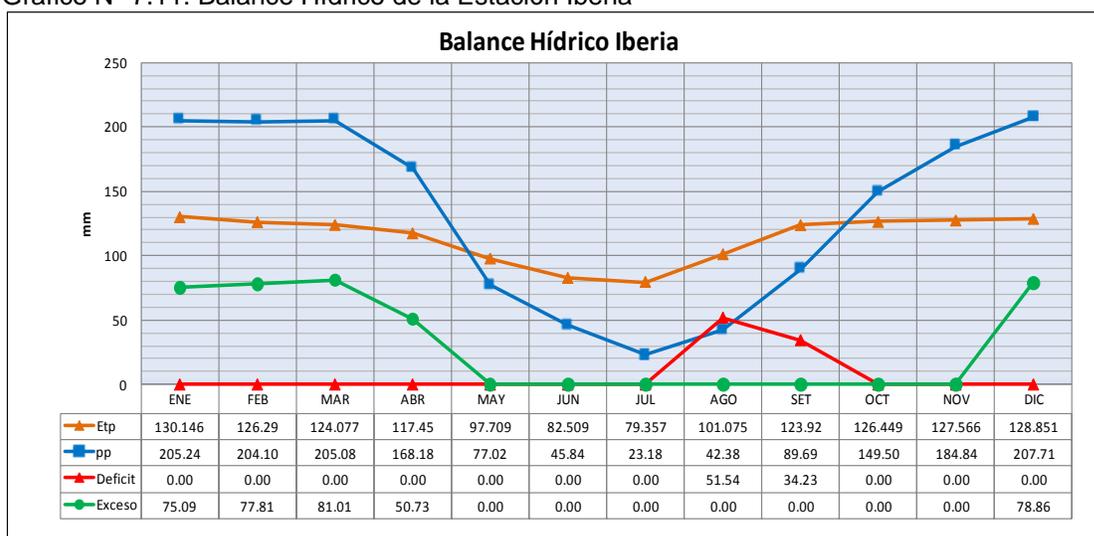
f). Balance Hídrico de la Estación Iberia

El balance hídrico de la Estación Iberia, se presenta en el Cuadro N° 7.7 y Grafico N° 7.11, observándose que la precipitación media anual es de 1602.77 mm, la ETP alcanza un valor de 1365.40 mm/año, el déficit de agua es muy pequeño con un valor de 85.77 mm/año y un exceso de agua cuatro veces mayor que alcanza un valor de 363.51 mm/año. Los valores del déficit se presentan también en los meses de Agosto y Setiembre y los excesos de agua se presentan en 05 meses desde Diciembre a Abril.

Cuadro N° 7.7: Balance Hídrico de la Estación Iberia

Latitud:	14°56' S	Estacion Iberia /CLI										Distr:	San Lorenzo
Longitud:	72°43' W	Balance Hídrico mensual (mm)										Prov:	Tahuamanu
Altura:	283 msnm											Dpto:	Madre de Dios
Balance	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Etp	130.146	126.29	124.077	117.45	97.709	82.509	79.357	101.075	123.92	126.449	127.57	128.851	1365.40
Pp	205.24	204.10	205.08	168.18	77.02	45.84	23.18	42.38	89.69	149.50	184.84	207.71	1602.77
Pp - Etp	75.09	77.81	81.01	50.73	-20.69	-36.67	-56.18	-58.69	-34.23	23.06	57.27	78.86	
Reserva	100	100	100	100	100	63	7	0	0	23	100	100	
Variacion de R	0	0	0	0	0	-37	-56	-7	0	23	77	0	
Etr	130.15	126.29	124.08	117.45	97.71	82.51	79.36	49.54	89.69	126.45	127.57	128.85	
Falta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	51.54	34.23	0.00	0.00	0.00	85.77
Exceso	75.09	77.81	81.01	50.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.86	363.51

Grafico N° 7.11: Balance Hídrico de la Estación Iberia



Esta zona domina toda el área perteneciente a la cuenca Tahuamanu y la frontera con Bolivia. En el Grafico 7.12 se muestra la imagen de satélite de la cuenca del Tahuamanu con sus dos afluentes más importante el rio Muymanu y el Manuripe hasta la frontera con Bolivia. Se observa que es una cuenca del llano amazónico de gran vegetación pero actualmente con grandes concesiones forestales como Consolidado Otorongo con 70,000 ha, también existe una alta densidad de Castaña. El área deforestada es producto del crecimiento urbano de

las ciudades que se encuentran a lo largo de carretera Interoceánica. Las ciudades que se encuentran son: Iberia, San Lorenzo y Planchón.

Grafico N° 7.12. Imagen de Satélite de la Cuenca Orthon o Tahuamanu.



g). Balance Hídrico de la Estación Quincemil

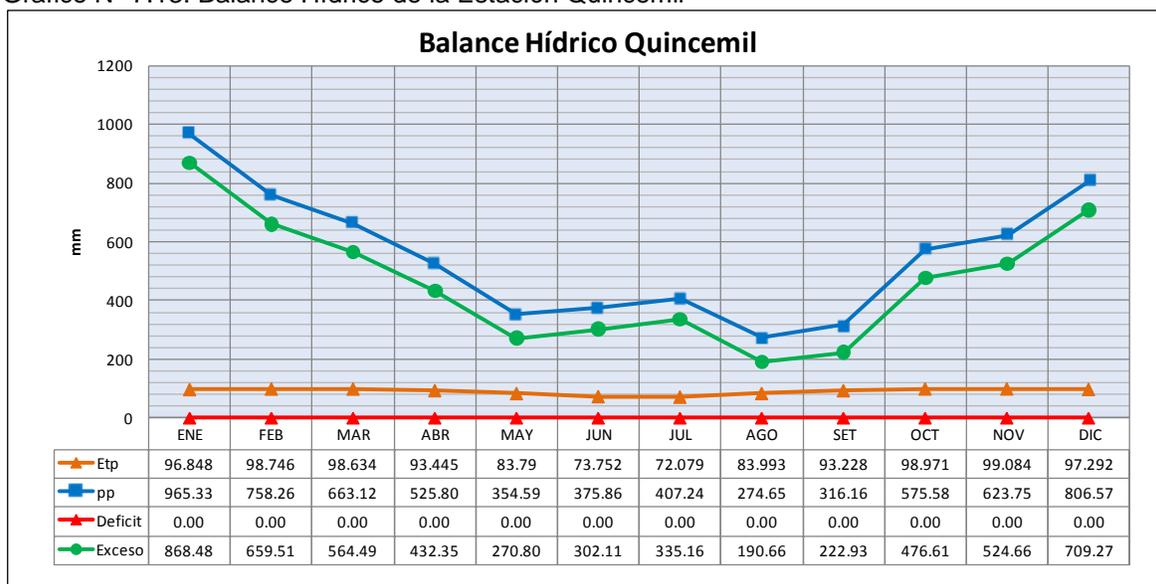
El balance hídrico de la Estación Quincemil, se presenta en el Cuadro N° 7.8 y Grafico N° 7.13, observándose que la precipitación media anual es de 6646.90 mm, la ETP alcanza un valor de 1089.86 mm/año, no existe déficit de agua a lo largo del año por lo que el exceso de agua alcanza un valor muy alto, de 5557.04 mm/año.

Nótese que en esta Estación los 12 meses del año existe un gran exceso de agua, en donde la precipitación anual es seis veces mayor que la ETP anual y esta permanece casi constante durante el año en los 100 mm/mes.

Cuadro N° 7.8: Balance Hídrico de la Estación Quincemil

Latitud: 13°14' S		Estación Quincemil /CLI - S											Distr: Camanti
Longitud: 70°44' W		Balance Hídrico mensual (mm)											Prov: Quispicanchis
Altura: 619 msnm													Dpto: Cusco
Balance	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Etp	96.848	98.746	98.634	93.445	83.79	73.752	72.079	83.993	93.228	98.971	99.084	97.292	1089.86
Pp	965.33	758.26	663.12	525.80	354.59	375.86	407.24	274.65	316.16	575.58	623.75	806.57	6646.90
Pp - Etp	868.48	659.51	564.49	432.35	270.80	302.11	335.16	190.66	222.93	476.61	524.66	709.27	
Reserva	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Variación de R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Etr	96.85	98.75	98.63	93.45	83.79	73.75	72.08	83.99	93.23	98.97	99.08	97.29	
Falta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exceso	868.48	659.51	564.49	432.35	270.80	302.11	335.16	190.66	222.93	476.61	524.66	709.27	5557.04

Grafico N° 7.13: Balance Hídrico de la Estación Quincemil



Esta zona domina toda la parte alta del área perteneciente a la cuenca Alto Madre de Dios y parte del Inambari. En el Grafico N° 7.14 se muestra la imagen de satélite de la cuenca del Inambari. Se observa que es la cuenca que presenta mayor contrastes en relieve que va desde los 5000 msnm hasta 300 msnm, en ella se encuentran nevados, jalca, montañas, selva alta y selva baja o llano amazónico de gran vegetación; sin embargo, es la cuenca que presenta cambios

producto de las actividades antrópicas del hombre como: deforestación, minería, crecimiento urbano, centrales hidroeléctricas, etc. Las ciudades que se encuentran son: Marcapata, Quincemil, Macusani y Sandia.

Grafico N° 7.14. Imagen de Satélite de la Cuenca Inambari.



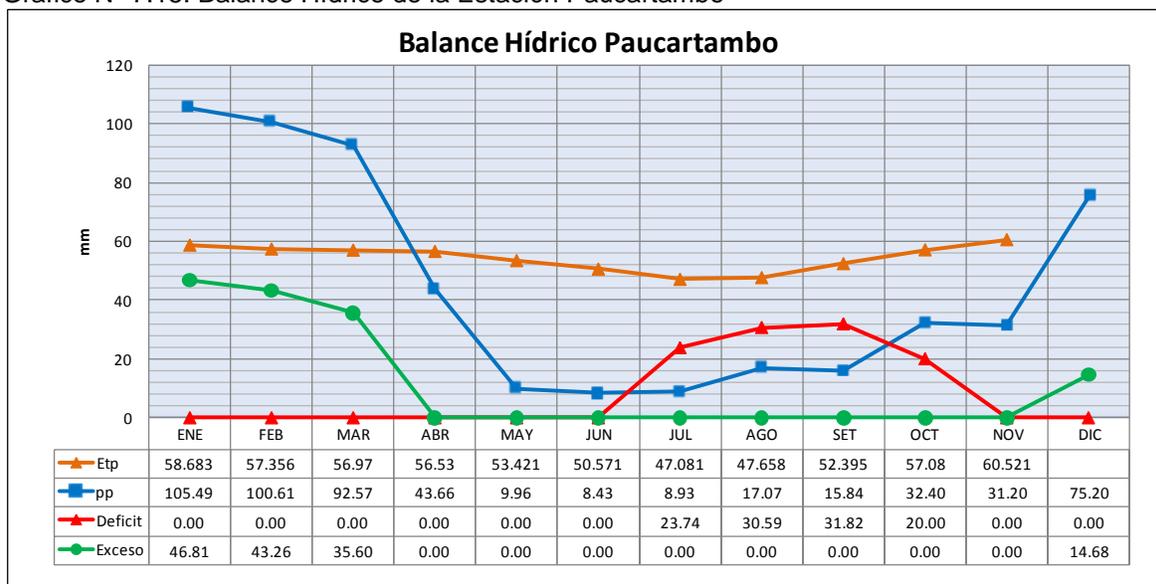
h). Balance Hídrico de la Estación Paucartambo

El balance hídrico de la Estación Paucartambo, se presenta en el Cuadro N° 7.9 y Grafico N° 7.15, observándose que la precipitación media anual es de 541.37 mm, la ETP alcanza un valor de 645.92 mm/año, Existe un déficit de agua que alcanza un valor 119.01 mm/año y el exceso pequeño de agua que alcanza un valor de 140.35 mm/año. Nótese que en esta estación existe 4 meses de déficit de agua que de Julio a Octubre, convirtiéndola en una de las zonas más secas de la sierra. El exceso de agua solo se presenta en 4 meses de Diciembre a Marzo.

Cuadro N° 7.9: Balance Hídrico de la Estación Paucartambo

Latitud: 13° 19'28		Estacion Paucartambo											Distr:	
Longitud: 71° 35'26		Balance Hídrico mensual (mm)											Prov: Paucartambo	
Altura: 3042													Dpto: Cusco	
Balance	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
Etp	58.683	57.356	56.97	56.53	53.421	50.571	47.081	47.658	47.658	52.395	57.08	60.521	645.92	
Pp	105.49	100.61	92.57	43.66	9.96	8.43	8.93	17.07	15.84	32.40	31.20	75.20	541.37	
Pp - Etp	46.81	43.26	35.60	-12.87	-43.46	-42.14	-38.15	-30.59	-31.82	-20.00	-25.88	14.68		
Reserva	100	100	100	100	57	14	0	0	0	0	100	100		
Variacion de R	0	0	0	0	-43	-42	-14	0	0	0	100	0		
Etr	58.68	57.36	56.97	56.53	53.42	50.57	23.34	17.07	15.84	32.40	57.08	60.52		
Falta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.74	30.59	31.82	20.00	0.00	0.00	106.14	
Exceso	46.81	43.26	35.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.68	140.35	

Grafico N° 7.15: Balance Hídrico de la Estación Paucartambo



Este clima domina toda la cordillera andina entre la cuenca Alto Madre de Dios y Urubamba. Cabe indicar que esta zona presenta una gran escases de agua para cultivos producto de la deforestación de la vegetación natural y la siembra de Eucalipto.

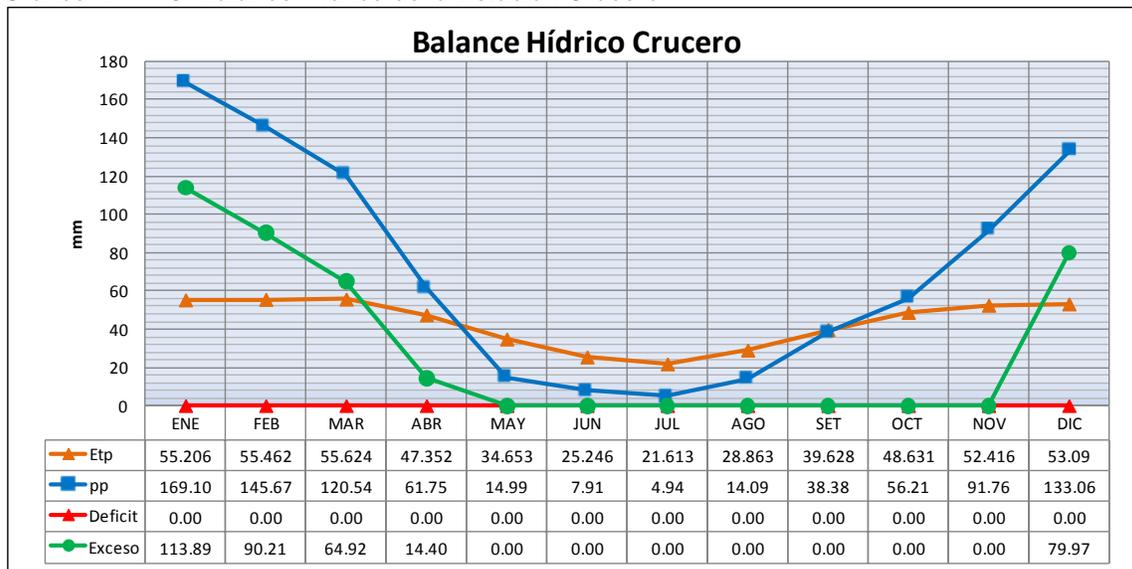
i). Balance Hídrico de la Estación Crucero

El balance hídrico de la Estación Crucero, se presenta en el Cuadro N° 7.10 y Grafico N° 7.16, observándose que la precipitación media anual es de 858.40 mm, la ETP alcanza un valor de 517.78 mm/año. No existe un déficit de agua y el exceso de agua alcanza un valor de 363.39 mm/año. El exceso de agua se presenta en 5 meses, de Diciembre a Abril.

Cuadro N° 7.10: Balance Hídrico de la Estación Crucero

Balance	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Etp	55.206	55.462	55.624	47.352	34.653	25.246	21.613	28.863	39.628	48.631	52.416	53.09	517.78
Pp	169.10	145.67	120.54	61.75	14.99	7.91	4.94	14.09	38.38	56.21	91.76	133.06	858.40
Pp - Etp	113.89	90.21	64.92	14.40	-19.66	-17.34	-16.67	-14.77	-1.25	7.57	39.35	79.97	
Reserva	100	100	100	100	80	63	46	32	30	38	100	100	
Variacion de R	0	0	0	0	-20	-17	-17	-15	-1	8	62	0	
Etr	55.21	55.46	55.62	47.35	34.65	25.25	21.61	28.86	39.63	48.63	52.42	53.09	
Falta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exceso	113.89	90.21	64.92	14.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	79.97	363.39

Grafico N° 7.16: Balance Hídrico de la Estación Crucero



Esta zona influencia toda el área perteneciente a las estribaciones de la sierra de Carabaya en la cuenca alta del Urubamba y la parte alta del río Inambari. Sin embargo, últimamente se viene agravando la escases del agua en esta zona, como se puede apreciar en la Foto N° 7.1, donde se observa terrazas de cultivo abandonadas por falta de agua, encima de la ciudad de Cuyo-Cuyo.



Foto N° 7.1: Cuenca parte alta del Inambari, sector Cuyo-Cuyo.

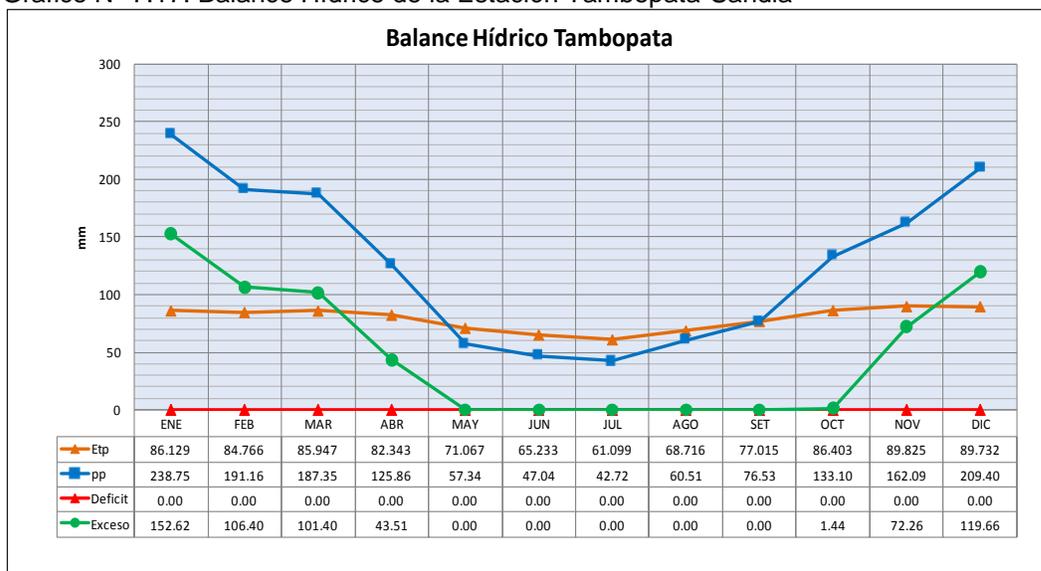
j). Balance Hídrico de la Estación Tambopata-Sandia

El balance hídrico de la Estación Tambopata, se presenta en el Cuadro N° 7.11 y Grafico N° 7.17, observándose que la precipitación media anual es de 1531.84 mm, la ETP alcanza un valor de 948.28 mm/año. No existe un déficit de agua y el exceso de agua consigue un valor de 597.30 mm/año. El exceso de agua se presenta en 7 meses, de Octubre a Abril.

Cuadro N° 7.11: Balance Hídrico de la Estación Tambopata-Sandia

Latitud: 14°		Estacion Tambopata - Sandia											Distr:	
Longitud: 69° 09'8		Balance Hídrico mensual (mm)											Prov:	Sandia
Altura: 1320													Dpto:	Puno
Balance	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
Etp	86.129	84.766	85.947	82.343	71.067	65.233	61.099	68.716	77.015	86.403	89.825	89.732	948.28	
Pp	238.75	191.16	187.35	125.86	57.34	47.04	42.72	60.51	76.53	133.10	162.09	209.40	1531.84	
Pp - Etp	152.62	106.40	101.40	43.51	-13.73	-18.19	-18.37	-8.20	-0.49	46.69	72.26	119.66		
Reserva	100	100	100	100	100	82	63	55	55	100	100	100		
Variacion de R	0	0	0	0	0	-18	-18	-8	0	45	0	0		
Etr	86.13	84.77	85.95	82.34	71.07	65.23	61.10	68.72	77.02	86.40	89.83	89.73		
Falta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Exceso	152.62	106.40	101.40	43.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.44	72.26	119.66	597.30	

Grafico N° 7.17: Balance Hídrico de la Estación Tambopata-Sandia



Esta zona domina la parte alta del área perteneciente a la cuenca Tambopata y la frontera con Bolivia. En el Grafico 7.18 se muestra la imagen de satélite de la cuenca del Tambopata. Similar al Inambari presenta relieves que van desde los 4750 msnm hasta los 200 msnm, pero con una mayor vegetación debido a las áreas naturales protegidas, como la Reservar Nacional Tambopata y el parque natural Baguala Sonene que cubren cerca del 80% de la cuenca. Sin embargo la reserva Tambopata se está viendo muy amenazada con perder parte de su biodiversidad por la actividad minera, principalmente por dragas que ya vienen trabajando en la zona de amortiguamiento, como el río Malinowski. Las ciudades que se encuentran son: San Juan del Oro y Puerto Maldonado.

Grafico N° 7.18: Imagen de Satélite de la Cuenca del Tambopata.



Foto N° 7.2: Cuenca alta del río Tambopata, sector San Juan del Oro

VIII. ACTIVIDADES ANTROPICAS Y SU IMPACTO SOBRE EL AMBIENTE

La región de Madre de Dios y en general toda la amazonia es un área con extraordinaria concentración de biodiversidad de importancia mundial. En su conjunto, es una región de un gran potencial económico para el hombre. Evitar la reducción de esta diversidad biológica por pérdida y transformación de hábitats y ecosistemas, extinción de especies, reducción de diversidad genética, e introducción de especies exóticas, entre otras causas, es uno de los mayores retos ambientales que enfrentan los países con territorio en esta región.

La deforestación y la disminución de la biodiversidad producen la pérdida de hábitats y la fragmentación de los ecosistemas. La reducción de la cobertura forestal en la cuenca es una realidad incontrastable. En el período 2000-2005 se deforestó anualmente cerca de 10 km², lo que significa también la pérdida de especies de flora y fauna. Sin embargo, no es posible estimar dicha pérdida debido a las restricciones de información. Si bien existe información local sobre la situación de la biodiversidad en la región, no se cuenta con estadísticas ni cartografía generales que ilustren sobre esta realidad a nivel de ecosistema.

La cuenca de Madre de Dios tiene un alto valor en el equilibrio hídrico global y continental, pero las acciones orientadas a una gestión integrada de la cuenca aún son limitadas. El volumen de agua de la cuenca del río Madre de Dios representa alrededor de 8% del total de agua dulce en el mundo, pues capta de 250,000 a 350,000 MMC de agua al año. Sin embargo, la disponibilidad de aguas superficiales depende en gran medida del uso y manejo adecuado que se realiza en la cuenca. Por otro lado, las aguas superficiales de la región están siendo afectadas por diversas actividades antrópicas que conllevan la pérdida de su calidad: relaves mineros, derrames de hidrocarburos, desechos sólidos de las ciudades y desechos de la transformación de los cultivos de uso ilícito como la coca.

En este sentido la producción de oro se ha hecho más extensiva en la cuenca Alta del río Madre de Dios. Hoy en día existen miles de mineros de oro a pequeña escala en la cuenca alta del río Madre de Dios, lo que se ha convertido en un problema ambiental a causa de la contaminación del agua por mercurio, el desvío de la corriente del río con medios artesanales y el lavado con metales pesados. En el caso de la pesca, la actividad minera afecta particularmente a los grandes bagres que se desplazan entre el estuario del Amazonas y el piedemonte de los Andes.

8.1. AVENIDAS EXTRAORDINARIAS

El estudio de Walsh-Perú, ha determinado caudales máximos y mínimos para los principales ríos y quebradas que cruzan la Carretera Interoceánica Sur – tramo 3: Puente Inambari – Iñapari. Las estimaciones de caudales se han obtenido mediante métodos hidrológicos que consideran principalmente los registros climáticos de lluvias, magnitud y pendiente de cuencas, cálculos para tiempos de concentración, entre otros.

Los caudales máximos se producen en las proximidades de la Cordillera de Carabaya como resultado de los fenómenos lluviosos y las características

⁸ GeoAmazonia: Perspectivas del medio ambiente en la Amazonía. PNUMA y OTCA. 2009.

morfométricas de las cuencas, como son las pendientes abruptas y los tiempos de concentración reducidos. Los caudales menores por unidad de área se presentan en los cursos más al norte de Puerto Maldonado.

En el Cuadro N° 8.1 se muestran los valores de caudales medio, mínimo y máximo correspondiente a principales ríos y quebradas.

Cuadro N° 8.1: Caudales Medios, Mínimos y Máximos en Tiempo de Retorno

	NOMBRE CUENCA	T = 5 años	T = 10 años	T = 20 años	T = 50 años	T = 100 años	T = 200 años	T = 1000 años	Q Medio	Q Minimo
		Qmáx(m3/s)	Qmáx(m3/s)	Qmáx(m3/s)	Qmáx(m3/s)	Qmáx(m3/s)	Qmáx(m3/s)	Qmáx(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)
1	RIO INAMBARI	1624.86	1916.67	2190.48	2555.56	2829.37	3121.44	3760.33	1460.32	131.43
2	RIO LOROMAYO	16.07	30.88	49.13	76.48	100.39	128.72	155.52	10.55	0.25
3	QDA. PALMERA	3.29	6.31	10.04	15.64	20.53	26.32	31.80	0.55	0.01
4	QDA. CHIFORONGO	5.65	10.86	17.28	26.91	35.32	45.28	54.71	2.29	0.05
5	QDA. SECA	2.91	5.60	8.91	13.87	18.21	23.35	28.21	0.40	0.01
6	RIO DOS DE MAYO	9.13	17.55	27.92	43.47	57.06	73.17	88.40	4.44	0.11
7	QDA. AMANAPU	2.18	4.19	6.67	10.38	13.63	17.48	21.11	0.34	0.01
8	QDA. BUENQUEME	2.82	5.41	8.61	13.40	17.59	22.56	27.25	0.30	0.01
9	QDA. AVISPA	3.09	5.93	9.44	14.69	19.28	24.72	29.87	0.32	0.01
10	QDA. JAYAVE	13.00	14.84	23.61	36.76	48.25	61.87	74.75	11.08	0.31
11	QDA. HUACAMAYO GRANDE	8.00	6.27	9.98	15.53	20.39	26.14	31.59	5.84	0.18
12	QDA. LIBERTAD	8.00	9.39	14.94	23.25	30.52	39.13	47.28	5.63	0.21
13	RIO MADRE DE DIOS	6080.00	7953.16	9089.32	10604.21	11740.38	12952.29	14388.91	5922.49	275.16
14	QDA. REDUCTO	8.53	16.39	26.08	40.60	53.29	68.33	82.56	3.87	0.50
15	RIO MANURIFE	71.00	107.65	171.24	266.59	349.93	448.69	542.11	64.44	10.44
16	RIO MUYMANU	41.19	79.17	125.95	196.07	257.37	330.01	398.72	38.57	6.57
17	RIO TAHUAMANU	340.00	442.00	703.14	1094.63	1436.82	1842.34	2225.95	316.54	29.86
18	RIO YAVERIJA	25.00	35.15	55.91	87.04	114.25	146.49	177.00	22.79	2.94

Fuente: WALSH Perú (2006)

8.2. EROSION HIDRICA DE LOS SUELOS

Debido a la intensa deforestación, principalmente en las vertientes del piedemonte andino, la sedimentación está acelerándose en los ríos de la llanura amazónica, favoreciendo desbordes así como la alteración de su curso y de la dinámica fluvial. Así mismo, la deforestación produce frecuentes abarrancamientos durante la temporada de lluvias. Esto contribuye a la sedimentación de los ríos cuando éstos llegan a la llanura amazónica.

Tormentas superiores a 200 mm son muy riesgosas en zonas de fuertes pendientes como es el caso de Mazuko, donde grandes torrentes cruzan el valle y la carretera, y este registro corresponde solamente a un año de medición. Es previsible que puedan presentarse incluso valores muy superiores⁹.

Por otro lado, la minería aurífera está alterando el curso de los ríos, como es el caso del río Huapetuhe, Colorado, Madre de Dios y Malinowski, extrayendo mineral de las orillas de los ríos, desprotegiendo de su cobertura vegetal, ensanchando el cauce y contaminando el río.

Ante todo esto, es importante mantener con una adecuada cobertura vegetal a los bosques de orillares, porque permite la estabilidad de las orillas impidiendo su erosión por efecto del aumento del caudal del río, y por consiguiente, mantiene la calidad de agua de los ríos.

⁹ WALSH PERU. EISA CONSESIONARIA IIRSA SUR 2007

8.3. CONTAMINACION DE LAS AGUAS

La contaminación antrópica, está relacionada con la actividad humana y se origina por el vertido que realiza el hombre a los cursos de agua de insumos y desechos de los procesos productivos como: agricultura, minería, agroindustria, y residuos de los pueblos y ciudades; incorporando a las aguas sustancias microbiológicas, compuestos químicos y sólidos no biodegradables.

Para medir el grado de contaminación, es decir los cambios de calidad presentes en los cursos superficiales y subterráneos, se utilizan los siguientes parámetros:

- Parámetros Físicos: Caudal, conductividad eléctrica, pH, Temperatura, olor color y sabor.
- Parámetros Químicos: Arsénico, cadmio, cobre, cromo hexavalente, hierro, manganeso, mercurio, plomo, sulfatos, zinc, cianuro, hidrocarburos.
- Parámetros bacteriológicos: Biocida, coliformes fecales.

En el presente estudio no contempló realizar análisis de agua, sin embargo de acuerdo a los estudios y visitas a campo se ha podido observar que los cinco principales contaminantes son:

1. Minería Aurífera (lavado de arenas mediante bombas y dragas en los ríos), que utiliza el mercurio como método de amalgamación. Por ejemplo, para obtener un gramo de oro se utiliza de uno a tres gramos de mercurio, además de cianuro y detergentes. Ello implica que se arrojan cerca de 24 kilos de mercurio por kilómetro cuadrado de río.

2. Actividad Petrolera

En el ámbito de la cuenca Madre de Dios se tiene una concesión petrolera en etapa de exploración, a cargo de Hunt Oil. Dicho lote se encuentra en la cuenca Alto del río Madre de Dios y ocupa gran parte de la Reserva Comunal Amarakeire.

Dentro los impactos en que causa un derrame de petróleo es que si entra en contacto con el suelo, se inicia un proceso de evaporación y penetración que altera el intercambio gaseoso del manto vegetal con la atmósfera. En la superficie, los animales invertebrados como arañas y ciempiés, y vertebrados como mamíferos o reptiles, pueden huir con más facilidad. Los seres microscópicos que participan en el proceso de formación y oxigenación del suelo mueren instantáneamente.

En el río, la primera comunidad biológica afectada es el plancton, que muere por asfixia. Mueren también las plantas responsables de la producción de alimento y oxígeno para el resto de animales. En los mamíferos acuáticos, el petróleo destruye el aislamiento térmico natural. También afecta su capacidad para flotar, y mueren ahogados. En los peces, los contaminantes bloquean las estructuras respiratorias y aquellos que se pueden salvar, presentan altos grados de contaminación. Los peces contaminados afectan la salud de los animales o los seres humanos que se alimentan de ellos.

3. Cultivos ilícitos

En la cuenca Madre de Dios existen cerca de 4600 ha de cultivo de Coca, que en la mayoría son para la producción de Cocaína. Esta plantación se encuentra mayormente en Selva Alta. Esta droga requiere para su fabricación insumos tóxicos como el ácido sulfúrico, Kerosene, Eter, etc. La fabricación de estos alcaloides es muy riesgosa si entran en contacto con las quebradas causando daños en el medio ambiente

4. Residuos urbanos

Existen muchos centros urbanos que no cuentan con agua potable ni desagüe, los residuos van directo a los ríos y quebradas perjudicando la salud aguas abajo y limpiarlo requiere de métodos caros que los gobiernos no pueden pagar. Una de las enfermedades típicas son las diarreas.

8.4. IMPACTO SOBRE EL BIENESTAR HUMANO

La degradación de los servicios ecosistémicos amazónicos afecta el bienestar humano, pero es poco conocida y valorada económicamente. La riqueza de la Amazonía no sólo se basa en la oferta de bienes tangibles, sino que también está sustentada en el funcionamiento de sus variados ecosistemas naturales y sistemas socioculturales, los cuales brindan un conjunto de servicios ecosistémicos.

Lamentablemente, la degradación ambiental está reduciendo el bienestar humano en la región, lo cual se expresa en el aumento de la incidencia de enfermedades en la población, el incremento en los costos de funcionamiento de las actividades económicas, la agudización de los conflictos sociales, y el aumento en la vulnerabilidad frente al cambio climático.

Hay evidencias del aumento en incidencias de las enfermedades, como la fiebre amarilla, la malaria y el mal de Chagas, asociadas al cambio de uso del suelo y ciertas intervenciones antropogénicas incluidas la migración, la deforestación, y las actividades mineras. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ya reporta entre 400.000 y 600.000 personas/año con malaria en la Amazonía, así que cualquier aumento en el nivel de estas enfermedades no sería un tema de menor impacto en las poblaciones locales¹⁰.

Así mismo numerosos estudios realizados muestran que la minería aurífera informal o ilegal en la región Madre de Dios viene ocasionando graves consecuencias en la salud de las personas, por la precariedad e insalubridad en la que viven en las áreas donde se explotan el mineral; en el ámbito social, pues existe la problemática de la trata de personas, la trasgresión a los derechos laborales, el trabajo infantil y la prostitución; y, en el económico, por la evasión tributaria que afecta la recaudación fiscal del país. Por todo lo expuesto la minería en la región Madre de Dios, son causas de crecientes conflictos socio ambientales, que es urgente prevenir y atender.

¹⁰ GeoAmazonia: Perspectivas del medio ambiente en la Amazonía. PNUMA y OTCA. 2009.

8.5. IMPACTO SOBRE LA FLORA Y FAUNA

La actividad minera causa un impacto ambiental negativo por la destrucción de los bosques y la grave contaminación por mercurio de los ambientes acuáticos y los recursos hidrobiológicos, que son luego ingeridos por la población local; ocasionando además perjuicios en el ecoturismo, en el manejo sostenible de las concesiones forestales y castañeras, así como en las concesiones de conservación y otras actividades productivas y de servicios que se ven afectadas por la minería informal o ilegal, mermando la posibilidad de desarrollo sostenible de la región de Madre de Dios.

La zona de Huapetuhe por ser una de las menos conservadas debido a la actividad minera intensiva practicada en la zona, reporta el menor número de especies de fauna silvestre. La recuperación de especies y de hábitats en esta zona debe ser una preocupación de las autoridades y comunidad científica. Recomendamos el inicio de proyectos de recuperación para ciertas especies de fauna como primates y ungulados.

Los Gráficos N° 8.3 al N° 8.6, muestran imágenes de satélite Landsat de cómo fue cambiando la vegetación y los ríos en Huapetuhe, donde se observa la naciente de la quebrada Huapetuhe al lado izquierdo y la quebrada Caychive a lado derecho. En 1986 no existía actividad minera, la vegetación y forestal era vigoroso e intacta a la vez.



Grafico N° 8.3: Imagen de satélite Huapetuhe-Caychive (Julio 1986)



Grafico N° 8.4: Imagen de Satélite Huapetuhe-Caychive (Mayo 2000)



Grafico N° 8.5: Área Deforestada en las Microcuencas de Huapetuhe – Caychive (Setiembre 2008)

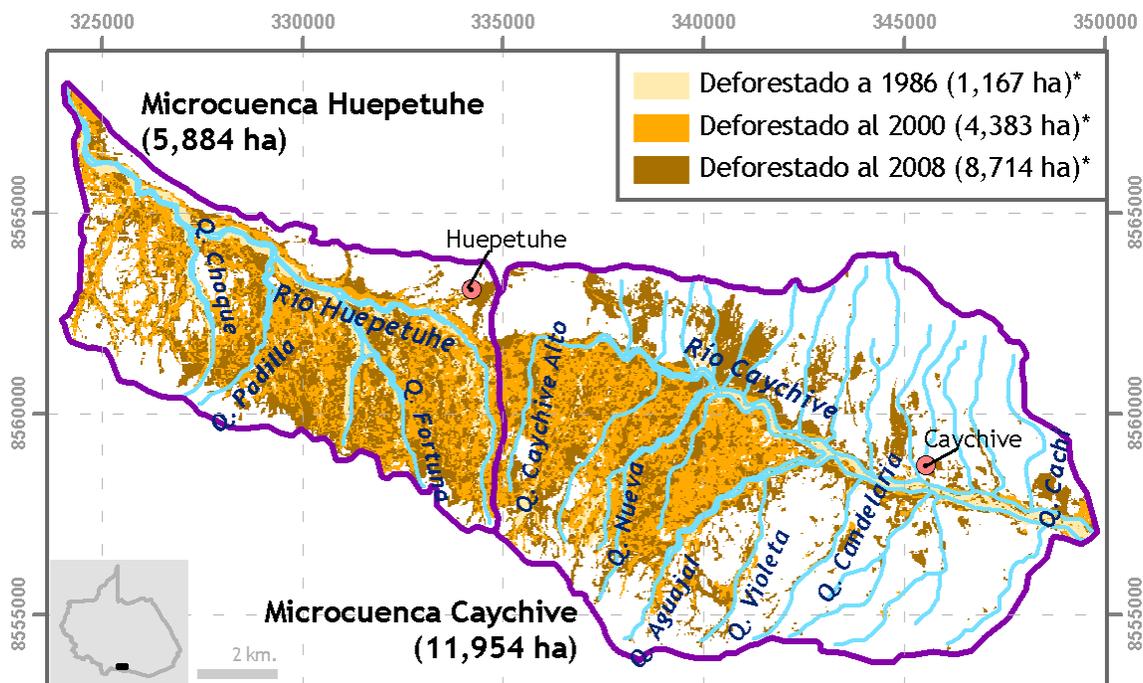


Grafico N° 8.6: Área Deforestada en las Microcuencas de Huapetuhe – Caychive. (Setiembre 2009)

Como se puede observar los rio Huapetuhe y Caychive ha sido totalmente alterado en su paisaje. Los ríos han sido ampliados en su cauce por lo menos 5 veces más y el grado de turbidez el muy alto.

El grado de deforestación en esta zona a Setiembre del 2008 es de 18,000 ha, el cual está distribuida como se muestra en Grafico N° 8.7.

Mapa de áreas deforestadas en las microcuencas Huepetuhe-Caychive (1986-2008)



* Incluye la superficie de los ríos y quebradas
Fuente: Imágenes Landsat Julio 1986, Mayo 2000 y Setiembre 2008

Elaborado por CooperAcción

Grafico N° 8.7: Área Deforestada en las Microcuencas de Huapetuhe – Caychive. (1986 – 2008)

Mucho de los mineros informales van migrando de un lugar a otro, en busca del preciado metal, y muchos de ellos se encuentran en aguajales o zonas pantanosas, como es el caso de la Quebrada Huacamayo ubicado en km 108 de la carretera Mazuco – Puerto Maldonado, tal como nos muestra el Grafico 8.8.

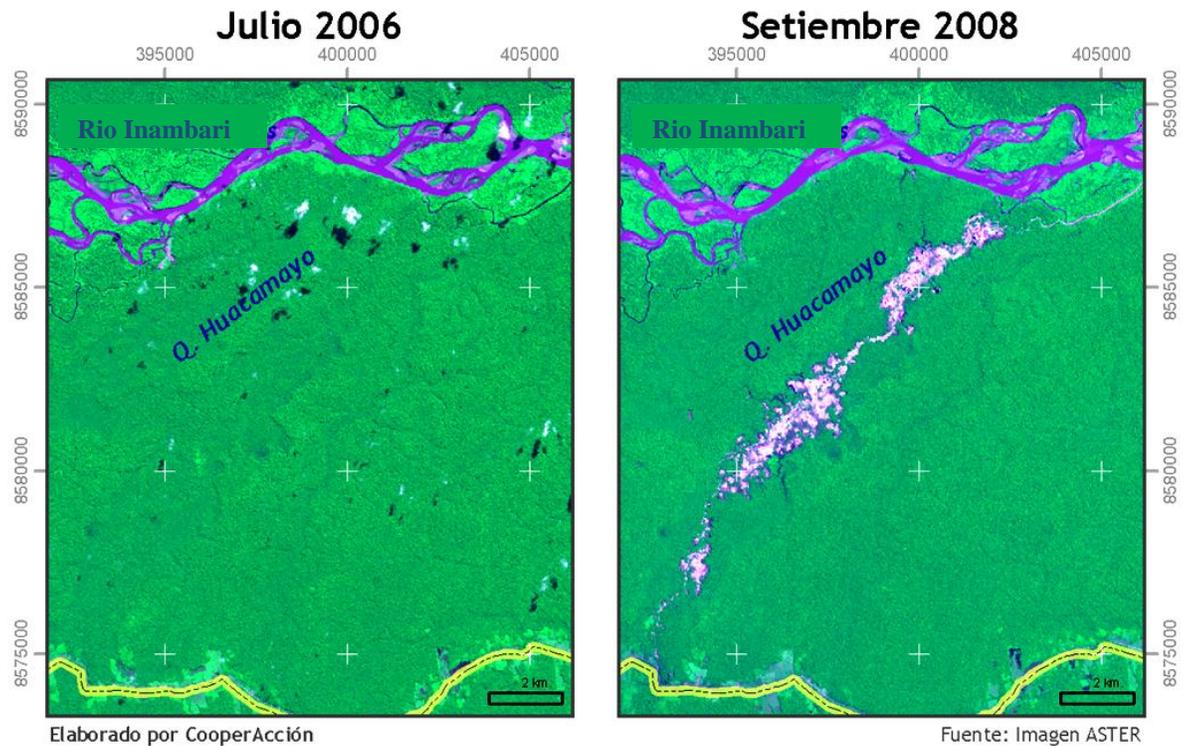


Grafico N° 8.8: Imagen de Satélite de la Quebrada Huacamayo.
(Julio 2006 – Setiembre 2008)

La deforestación a Setiembre del 2008 fue de 900 ha de explotación minera con chupadera (ver Grafico N° 8.9), sin embargo se estima que actualmente esto haya aumentado al doble por la gran cantidad de personas que vienen a trabajar en condiciones infrahumanas. En esta zona se puede ver una de las condiciones de vida más nefastas para el ser humano, por las condiciones labores, explotación infantil, condiciones de salubridad e higiene, prostitución etc. Esta situación requiere un cambio urgente para contrarrestar el daño ecológico que viene causando, como nos muestra las Fotos N° 8.1 y N° 8.2.



Foto N° 8.1 Efectos de Minería Informal. Sector Huacamayo



Foto N° 8.2 Efectos de Minería Informal. Sector Huacamayo

Actividad minera en la quebrada Huacamayo

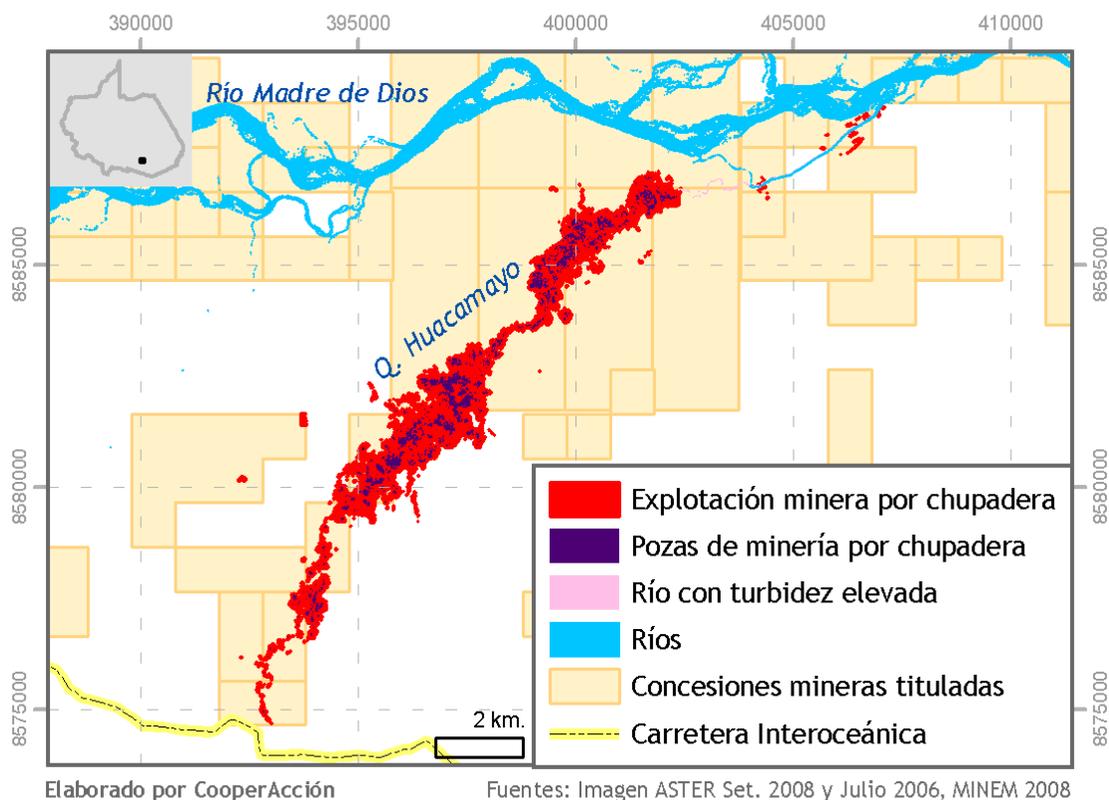


Grafico N° 8.9: Actividad Minera en la Quebrada Huacamayo.

8.6. IMPACTO AL SISTEMA HÍDRICO

La pérdida de bosque reducirá la liberación de vapor de agua con la consiguiente consecuencia en la disminución de la precipitación. Como el agua que drena de estos bosques amazónicos hacia el océano Atlántico constituye el 4% de la descarga total mundial de agua dulce fluvial, la modificación en la cantidad de agua dulce en los ciclos hídricos amazónicos podría ser suficiente para influir sobre algunas de las grandes corrientes oceánicas, que son importantes reguladoras del sistema climático global. La valoración económica permite tener un comportamiento estratégico respecto del aprovechamiento del ecosistema amazónico, dado que identifica los valores asociados al uso y no uso de los recursos. Por todo lo anterior, promover estudios y acciones de valoración económica de servicios ambientales amazónicos es una prioridad regional.

Uno de los mayores impactos al sistema hídrico es la turbidez de los ríos, que viene creciendo en forma alarmante. Estos problemas se observan más en los ríos Huapetuhe, Pukiri y Colorado en la cuenca del Alto Madre de Dios. El río Caychive, Dos de Mayo y quebrada Huacamayo en la cuenca del Inambari. La Quebrada Yarinal, río Malinowski en la cuenca del Tambopata. El río Madre de Dios en la Cuenca del Medio Alto Madre de Dios, tal como se observa en el Grafico N° 8.10.

Dispersión de sedimentos por explotación minera en los principales ríos

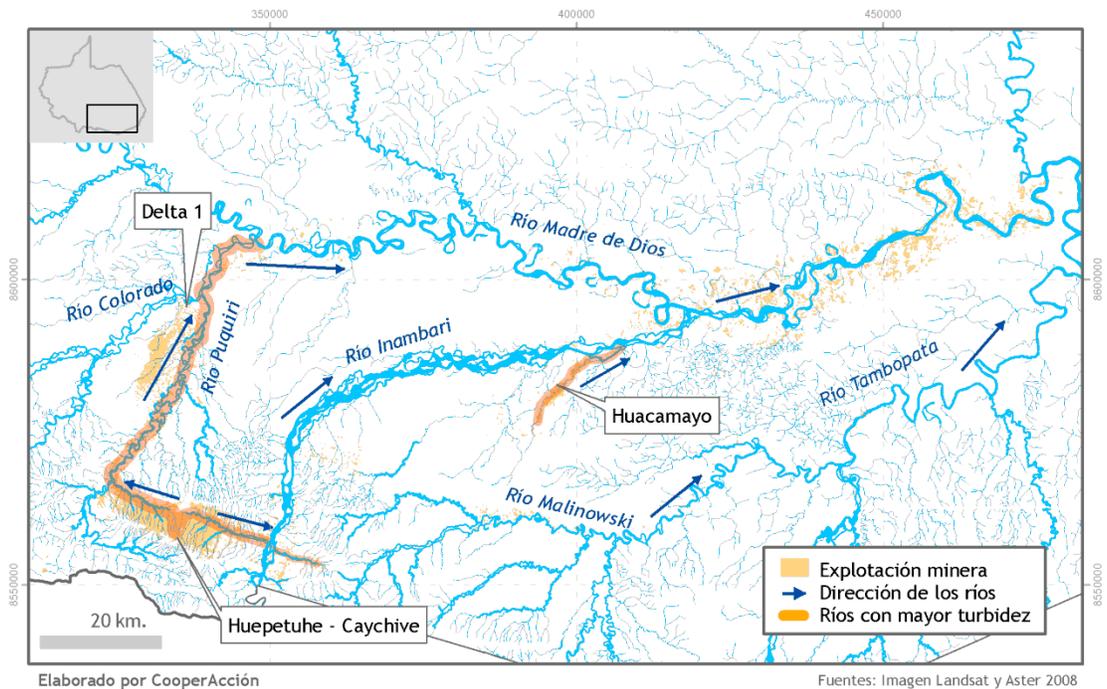


Gráfico N° 8.10: Impacto de Minería en la Turbidez de los ríos.

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. CONCLUSIONES

- La cuenca del río Madre de Dios forma parte de la cuenca del río Madeira que se une al Amazonas por la margen derecha cerca a Manaus. Está formado por la unión del río Manu y Alto Madre de Dios.
- La cuenca Madre de Dios es la tercera cuenca más grande del País con una superficie de 109441 Km² en territorio peruano. El área de estudio abarca también la intercuenca Alto Acre (perteneciente a la Cuenca Purús) lo que equivale a 111,933 Km² que representa el 9% del País.
- Políticamente forma parte de 3 Gobiernos Regionales, Madre de Dios (96%), Puno (32%) y Cusco (12%).
- La cuenca Madre de Dios tiene como principales actividades económicas la actividad comercial, principalmente en Puerto Maldonado, seguido del minero que actualmente se tiene más de 2000 concesiones mineras.
- De acuerdo al Mapa Ecológico del Perú en la cuenca se encuentran 26 zonas de vida, que van desde un Nival subtropical a 5000 msnm hasta un bosque húmedo montano bajo subtropical a 200 msnm.
- De acuerdo a la clasificación de Tierras del Perú, publicado por ONERN, la cuenca tiene una aptitud forestal (45%) y de protección (36%).

- Se considera que el aporte de agua que hace el río Madeira al río Amazonas es del 15% aproximadamente de las cuales el río Madre de Dios contribuye con un 4%.
- Existen aproximadamente 136 ríos, 248 quebradas y 140 lagunas y cochas.
- De acuerdo a la metodología Pfafstetter, de codificación y delimitación de Unidades Hidrográficas se han definido un total de nueve (09) cuencas, que corresponden a: Cuenca Inambari (46648), Cuenca Tambopata (46643), Cuenca Orthon (4662), Cuenca de Las Piedras (46646), Intercuenca Alto Madre de Dios (46649), Intercuenca Medio Alto Madre de Dios (46647), Intercuenca Medio Madre de Dios (46645), Intercuenca Medio Bajo Madre de Dios (46643) y Intercuenca Alto Acre (46669).
- Para definir la geomorfología de la cuenca se determinaron parámetros de forma y relieve. Respecto al factor de forma todas las cuencas presentan forma irregular. Dentro de los parámetros de relieve la pendiente de los cauces principales varían desde 0.39‰ hasta 9.1‰, y la mayor parte de las cuencas presentan una altitud media por debajo de 1000 msnm, con excepción del Tambopata y el Inambari que tienen 1950 msnm y 2350msnm, respectivamente.
- Los parámetros de drenaje indican que el Orden de los ríos es 5, la frecuencia de los ríos es 0.01 ríos/Km², la densidad de drenaje es 0.135 Km/Km², la extensión media de escurrimiento es 1848.77 m, y el coeficiente de torrencialidad es 2.08 ríos/Km².
- En la cuenca Madre de Dios se trabajaron con (10) Estaciones meteorológicas operadas por SENAMHI para conocer el comportamiento de la Temperatura, que corresponden a Iberia, Iñapari, Pakitza, Salvación, Pilcopata, Puerto Maldonado, Quincemil, Paucartambo, Crucero y Tambopata. Paucartambo y Crucero están fuera de la cuenca pero sirvieron de apoyo para definir el clima.
- Los tipos de clima encontrados en las estaciones meteorológicas de acuerdo a Thornthwaite fueron: Iñapari: Clima Semi-Húmedo y Cálido, Iberia: Clima Ligeramente - Húmedo y Cálido, Puerto Maldonado: Clima Húmedo y Cálido, Pakitza: Clima Moderadamente - Húmedo y Cálido, Pilcopata: Clima Súper - húmedo y Cálido, Salvación y Quincemil: Clima Súper - Húmedo y Semi - Cálido, Paucartambo: Clima Semi - Húmedo y Semi - Frio, Tambopata: Clima Húmedo y Frio moderado. El que predomina en la cuenca es Súper - húmedo y Cálido.
- Las temperaturas medias anuales varían desde 25.4 a 6.22 °C en la parte baja y alta de la cuenca respectivamente. La Evapotranspiración por el método de Thornthwaite varía también de 1385 a 518 mm/año.
- Para conocer el comportamiento de la Precipitación se ha seleccionado 6 Estaciones: Tambopata - Sandia, Iñapari, Pilcopata, Puerto Maldonado, Quincemil y Paucartambo. En donde el análisis de doble masa nos indica que la información presentada es consistente y los quiebres no son significativos.
- Los datos faltantes fueron completados y extendidos para un periodo de 45 años (1964-2008). Los Precipitación media anual varían desde 541.37 a 6647 mm en Paucartambo y Quincemil respectivamente. El promedio anual de la cuenca es de 2750 mm.
- El potencial de agua disponible en la cuenca Madre de Dios es de 245,491 MMC. A pesar de que el estudio no contemplo hacer mediciones de caudal, se ha estimado en base a las observaciones en campo, considerando al ancho, profundidad promedio y velocidad promedio. El río Tambopata se estimo en 2,300 m³/s, el río de Las Piedras 94 m³/s, el río Inambari en 1368 m³/s, el río Madre de

Dios en 6580 m³/s, el río Tahuamanu en 175 m³/s, el río Acre en 56 m³/s y el río Heath en 50 m³/s. Estos caudales dependen del lugar y tiempo.

- Los ríos presentan una gran variabilidad estacional durante el año, los caudales pueden variar enormemente de un día a otro.
- Si bien es cierto que en el estudio no se ha considerado tomar muestras de calidad de agua, se puede observar a simple vista el deterioro de las aguas por la actividad minera, la deforestación de los bosques, los desagües de las ciudades y los residuos sólidos que se arrojan al río.
- El uso actual del agua es liderado por Poblacional con un 70%, seguido del industrial y minero con un 18 y 12% respectivamente. El uso agrario del agua es prácticamente nulo. El monto a recaudar durante el año según la tarifa vigente es de S/. 96,392. El mayor número de usuarios es por minería (94) seguido del poblacional (84) e industrial (26). Así mismo la mayoría son permisos de agua.
- La oferta de agua se determinó en forma indirecta aplicando el Balance Hídrico climático según Thornthwaite, en donde la oferta es el agua en exceso. En total se tiene disponibilidad de agua de 344,938 MMC para toda la cuenca del río Madre de Dios.
- La demanda total en la cuenca asciende a 130 MMC, en donde el uso agrícola considera un plan de siembra bajo secano de 12,000 ha, el cual requiere una demanda de 124 MMC. Dentro de los principales cultivos se encuentran el maíz amarillo, arroz y el pasto Brachearia.
- El Balance Hídrico se ha realizado por Estaciones meteorológicas; en la Estación Puerto Maldonado existe déficit en los meses de Agosto y Setiembre, la Estación de Pilcopata, Salvación, Pakitza, Crucero, Tambopata y Quincemil no presenta déficit en global. La Estación Paucartambo es la que presenta el mayor déficit con 4 meses de escasez de Julio a Octubre. La Estación Iñapari presenta 3 meses de estiaje e Iberia 2 meses.
- En cuanto a los eventos extraordinarios, la Estación Quincemil registró en 1966 la mayor precipitación máxima diaria de 322 mm. Aunque este valor no representa ni el 5% de la precipitación total anual, por que llueve cerca de 7000 mm anuales, para otras zonas como la sierra resulta muy alto donde la precipitación total anual varía entre 600 y 900 mm. Sin embargo, la estación de Puerto Maldonado registró en 1982 la mayor precipitación diaria en la historia 366 mm, lo que lo convierte en un evento fuera de lo normal si tomamos en cuenta que la precipitación promedio para esta zona es de 2000 mm. Tormentas superiores a 200 mm son muy riesgosas en zonas de fuertes pendientes.
- Una particularidad térmica de esta zona, es la ocurrencia frecuente de friajes, fenómenos que se deben a la llegada eventual del frente polar, que hacen descender notablemente la temperatura en la selva, en períodos cortos e irregulares que suceden entre mayo y agosto. Los descensos absolutos llegan a menos de 9 °C para los días más fríos. Las temperaturas máximas se dan de Setiembre a Febrero donde pueden pasar los 40 °C.
- Las mayores contaminaciones de los ríos se dan por la actividad minera, residuos urbanos, actividad petrolera y cultivos ilícitos. Los ríos más impactados son: Huapetuhe, Pukiri y Colorado en la cuenca del Alto Madre de Dios. El río Caychive, Dos de mayo y quebrada Huacamayo en la cuenca del Inambari. La Quebrada Yarinal, río Malinowski en la cuenca del Tambopata. El río Madre de Dios en la cuenca del Medio Alto Madre de Dios.
- La minería aurífera informal o ilegal en la región Madre de Dios viene ocasionando graves consecuencias en la salud de las personas, por la precariedad e

insalubridad en la que viven en las áreas donde se explotan el mineral; en el ámbito social, pues existe la problemática de la trata de personas, la trasgresión a los derechos laborales, el trabajo infantil y la prostitución; y, en el económico, por la evasión tributaria que afecta la recaudación fiscal del país.

- La zona de Huapetuhe por ser una de las menos conservadas debido a la actividad minera intensiva practicada en la zona, reporta el menor número de especies de fauna silvestre.
- La implementación del ordenamiento minero y la recuperación de las zonas afectadas por la minería aurífera informal o ilegal, permitirá el aprovechamiento sostenible de los recursos.

9.2. RECOMENDACIONES

- Se requiere que se implemente por lo menos dos (02) estaciones hidrométricas, una de ellas en el río Madre de Dios (código Pfafstetter 46645) a la altura del Puente Billinghamst y otra en el río Inambari (código Pfafstetter 46648) a la altura del Puente Inambari; así mismo se recomienda instalar una estación meteorológica en la cuenca de las Piedras (código Pfafstetter 46646) y volver a activar las Estaciones de Iberia y Pilcopata.
- Realizar un estudio más detallado de los ríos impactados por la minería, como son: Huapetuhe, Pukiri y Colorado en la cuenca del Alto Madre de Dios; el río Caychive, Dos de mayo y quebrada Huacamayo en la cuenca del Inambari. La Quebrada Yarinal, río Malinowski en la cuenca del Tambopata. El río Madre de Dios en la cuenca del Medio Alto Madre de Dios.
- Monitoreo mensual de las aguas que involucre análisis químico de metales pesados. Así mismo, por las condiciones silvestres de la zona es necesario realizar un análisis biológico del agua para completar la evaluación de la calidad del agua para consumo humano. Se recomienda pruebas de laboratorio para determinar coliformes totales y coliformes fecales.
- Se efectuó un Inventario de Infraestructura de Riego en la cuenca alta.
- Es recomendable que en base a estudios detallados sobre eficiencias de riego e información de campo se establezcan módulos reales de riego para cada uno de los cultivos en la cuenca.
- Se debe investigar el uso de modelos Hidrológicos basados en el concepto de Balance Hídrico, con el apoyo de herramientas SIG e Imágenes satelitales debido a su flexibilidad para ajustarse a la información y datos disponibles, especialmente en áreas sin registros pluviométricos.
- Promover estudios y acciones de valorización económica de servicios ambientales amazónicos.
- Con el objeto de proteger la salud de las personas, afrontar la problemática social e incentivar la economía del departamento de Madre de Dios, deben aprobarse medidas que permitan el aprovechamiento sostenible y ordenado de los recursos naturales, que propicien una mayor recaudación fiscal a favor del financiamiento de inversiones públicas orientadas especialmente a la recuperación de las aéreas afectadas por la actividad minera aurífera informal o ilegal, a la promoción del ecoturismo como una actividad sostenible.
- Implementar un mayor control y seguimiento para mejorar la recaudación por el uso del agua. Así mismo, los trámites administrativos deben disminuirse.

- Para disminuir los impactos ambientales, es necesario una planificación de los recursos naturales, que permita desarrollar económicamente la cuenca de una forma permanente y sobre todo en armonía con el medio ambiente.
- En el aspecto Ecoturístico se recomienda mejorar los accesos a los Cochas o lagos aprovechando el potencial de hábitats presentes en estas zonas.