



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA

Iniciativa para la Conservación  
en la Amazonía Andina - ICAA



## **ESTUDIO HIDROLÓGICO**

# **ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO GERA**

PRESENTADO POR: ING. ALFONSO ROJAS BARDALEZ  
EMPRESA DE SERVICIOS INTEGRALES DE  
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL –  
SERVITA E.I.R.L

EN EL MARCO DEL PROYECTO: “IMPULSANDO MECANISMO DE  
RETRIBUCIÓN POR SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN EL ALTO MAYO,  
REGIÓN SAN MARTÍN – PERÚ” NOMBRE DEL PROYECTO

CONVENIO DE DONACIÓN: #005-A-2013/A

**31 de octubre, 2014.**

Este informe ha sido posible gracias al apoyo del Pueblo de los Estados Unidos de América a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) bajo los Términos del Contrato No AID-EPP-I-00-04-00024-00. CONVENIO DE DONACIÓN # 005-A-2013/A.

Las opiniones aquí expresadas son las del autor (es) y no reflejan necesariamente la opinión de la Unidad de Apoyo de la iniciativa para la Conservación en la Amazonía Andina, USAID o el Gobierno de los Estados Unidos.

---

Este informe ha sido producido en el marco del programa de donaciones de la Unidad de Apoyo de la Iniciativa para la Conservación en la Amazonía Andina (ICAA) liderada por Engility / International Resources Group (IRG) y sus socios: Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA), ECOLEX, Social Impact (SI), Patrimonio Natural (PN) y Conservation Strategy Fund (CSF).)

## **INDICE**

### **I. ASPECTOS GENERALES**

- 1.1. Introducción**
- 1.2. Objetivos del Estudio**

### **II. EVALUACION HIDROLOGICA DE LA CUENCA**

- 2.1. Descripción General de la Cuenca y del curso principal de la fuente**
  - 2.1.1. Ubicación y demarcación de la unidad hidrográfica**
  - 2.1.2. Estructura político administrativa**
  - 2.1.3. Características socio económicas y culturales**
  - 2.1.4. Aspectos ecológicos de la cuenca**
- 2.2. Análisis y tratamiento de la información hidrométrica e hidrológica**
  - 2.2.1. Análisis de las variables meteorológicas**
  - 2.2.2. Tratamiento de la información hidrometeorológica e hidrométrica**
- 2.3. Disponibilidad Hídrica**
  - 2.3.1. Disponibilidad del agua**
  - 2.3.2. Análisis de persistencia de probabilidad de ocurrencia de caudales**
- 2.4. Usos y demandas de agua de la Cuenca del Río Gera**
  - 2.4.1. Demanda actual y futura del agua**
- 2.5. Balance Hídrico**
  - 2.5.1. Balance Hídrico de la situación actual**
  - 2.5.2. Balance Hídrico de la situación futura**
- 2.6. Caudal Ecológico o Ambiental del Río Gera**
  - 2.6.1. Determinación del caudal ecológico en época de estiaje y avenida**
  - 2.6.2. Determinación del caudal aguas abajo de la represa propiedad de Electro Oriente SA.**
- 2.7. Rol de los ecosistemas en la hidrología de la cuenca**

### **III. ESTRATEGIA DE ACCION EN LA CUENCA**

### **IV. CONCLUSIONES**

### **V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

### **ANEXOS**

## **I. ASPECTOS GENERALES**

### **1.1 Introducción**

La fuente de agua superficial representa el elemento vital para promover el desarrollo sostenible de una comunidad, más aún cuando este lo utiliza para los distintos usos, entre los de mayor importancia están los de abastecimiento para uso poblacional, agrícola, pecuario, minero, energético y otros de menor envergadura como para el uso y mantenimiento de las especies silvestres de flora y fauna existentes (uso ecológico), por lo tanto es necesario definir, su ubicación, cantidad, calidad, y distribución dentro de la unidad básica de planificación y desarrollo llamado cuenca.

El presente informe, tiene el objetivo realizar un estudio hidrológico que muestre el ciclo hidrológico de la cuenca del río Gera, que abarca un análisis del caudal ecológico y el rol del ecosistemas en esta, además de la determinación del balance hídrico de la cuenca en el ámbito hidrológico de la Cuenca del río Gera.

Mediante el Estudio Hidrológico podemos conocer y evaluar sus características físicas y geomorfológicas de la Cuenca, analizar y tratar la información hidrometeorológica existente, analizar y evaluar la escorrentía mediante registros históricos y obtener caudales sintéticos, conocer el comportamiento hidrológico de la Cuenca.

### **1.2 Objetivos del estudio**

#### **Objetivo General:**

Realizar el estudio hidrológico que muestre el ciclo hídrico de la cuenca del río Gera, que abarque un análisis del caudal ecológico y el rol de los ecosistemas en ésta; además de la determinación del balance hídrico de la cuenca.

## **II. EVALUACION HIDROLÓGICA DE LA CUENCA**

## **2.1 Descripción General de la Cuenca y del Curso Principal de la fuente**

### **2.1.1 Ubicación y Demarcación de la Unidad Hidrográfica.**

La Cuenca del Río Gera, se encuentra ubicada en la zona del Alto mayo. Este río es uno de los principales tributarios de la margen derecha del Río Mayo, el cual forma parte del Sistema Hidrográfico de la Vertiente del Atlántico. Sus orígenes se dan en la cordillera Oriental de los Andes sobre los 2050 msnm, y en el punto de confluencia con el Río Mayo alcanza una altitud de 810 msnm. (Ver mapa N° 01)

El río Gera a lo largo de todo su recorrido, que aproximadamente es de 35 Km hasta su confluencia con el Río Mayo. Además, los tributarios principales del río Gera son: Quebrada El Paccha, Quebrada Shucshuyacu y Quebrada Shatona.

Geográficamente, sus puntos extremos se encuentran ubicados entre las coordenadas UTM ESTE (X): 282 743.07, NORTE (Y): 9 327 015.35 y ESTE (X): 297 824.35, NORTE (Y): 9 302 342.91, dentro de la Cuenca se observa posesionarios de tierras dispersos en la parte baja, media y alta de la Cuenca.

La Cuenca del Río Gera, está ubicado como afluente en la parte baja de la Unidad Hidrográfica Cuenca del Río Mayo, ubicada dentro del ámbito de las provincias de Rioja-Moyobamba. Esta Cuenca, actúa como un sistema natural de drenaje de las aguas de lluvias y las características que posee, establecen el comportamiento y la forma de cómo se realiza dicho drenaje. Por tanto, entre el comportamiento hidrológico y las características fisiográficas de la Cuenca existe una relación directa.

La Cuenca del Río Gera, tiene las siguientes características físicas morfológicas:

**Tabla N° 01: Características Físicas Morfológicas de la Cuenca**

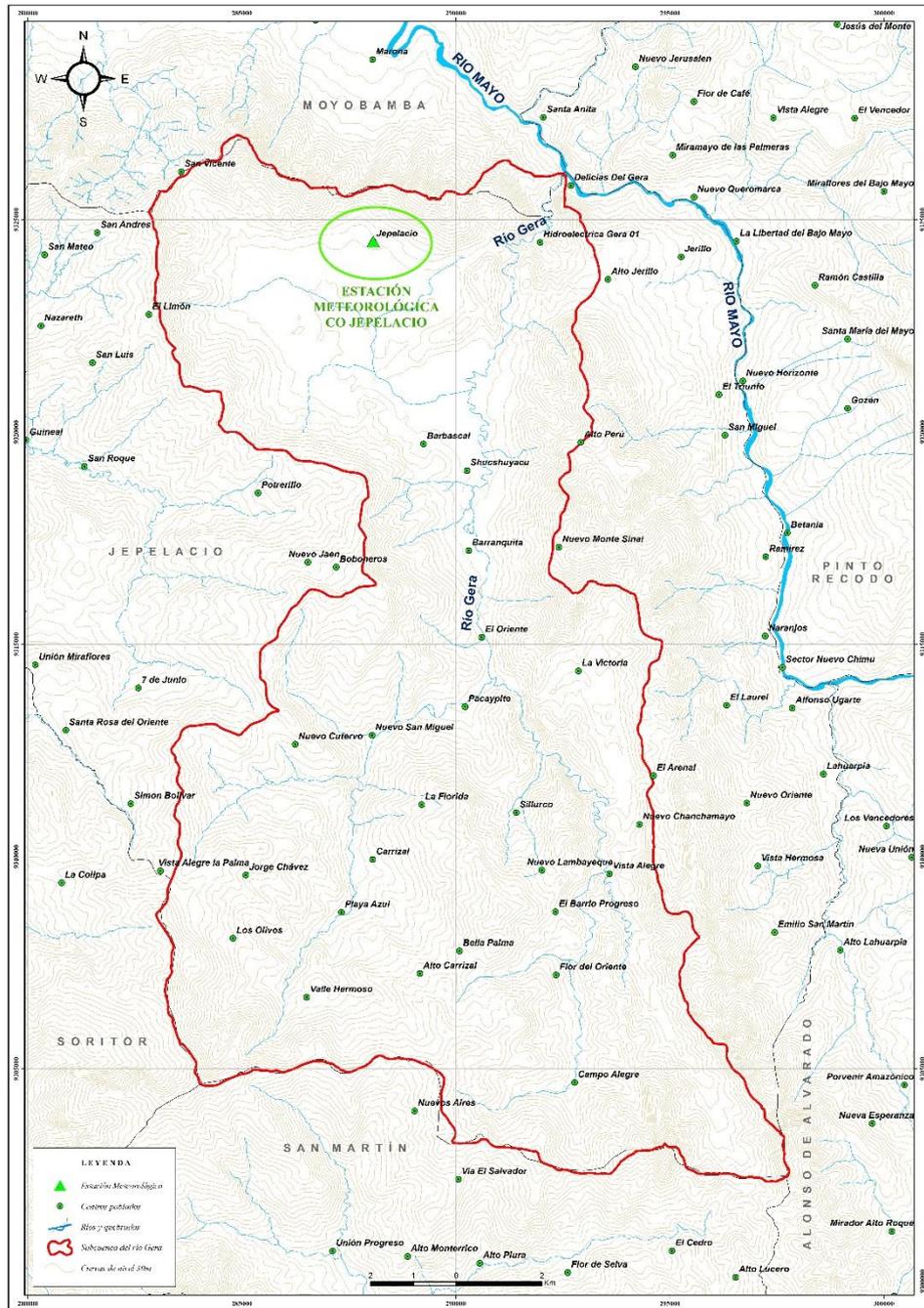
Características Físicas y Geomorfológicas de la Subcuenca río Gera			
No.	Característica	Valor	Interpretación
1	Area (Km <sup>2</sup> )	214.577	Por su tamaño, según PRONAMACHS-MINAG, es una Microcuenca
2	Perímetro (Km)	87.88	Corresponde a una microcuenca alargada.
3	Longitud del Curso Principal (Km)	34.673	Gran influencia en la escorrentía superficial.
4	Ancho de la Cuenca	2.44	Corresponde a una microcuenca alargada.
5	Altitud maxima (m)	2050.00	Gran variabilidad climática y ecológica, típico de selva alta.
6	Altitud minima(m)	810.00	Gran variabilidad climática y ecológica, típico de selva alta.
7	Altitud media (m)	1430.00	Gran variabilidad climática y ecológica, típico de selva alta.
8	Factor Forma	0.18	Forma Alargada
9	Coefficiente de Compacidad	1.69	Forma Alargada
10	Lado Mayor del Rectángulo Equivalente (Km)	29.94	Forma Redondeada de la microcuenca.
11	Pendiente Media del Curso Principal (%)	0.52	Pendiente Alta.
12	Pendiente Media de la Microcuenca (%)	4.78	Pendiente Alta.

Fuente: Elaboración Propia, 2014.

Al interior de la Cuenca se encuentra la Estación Meteorológica Jepelacio, por lo que se ha determinado la precipitación de diseño con respecto a esta estación. (Ver mapa N° 01)

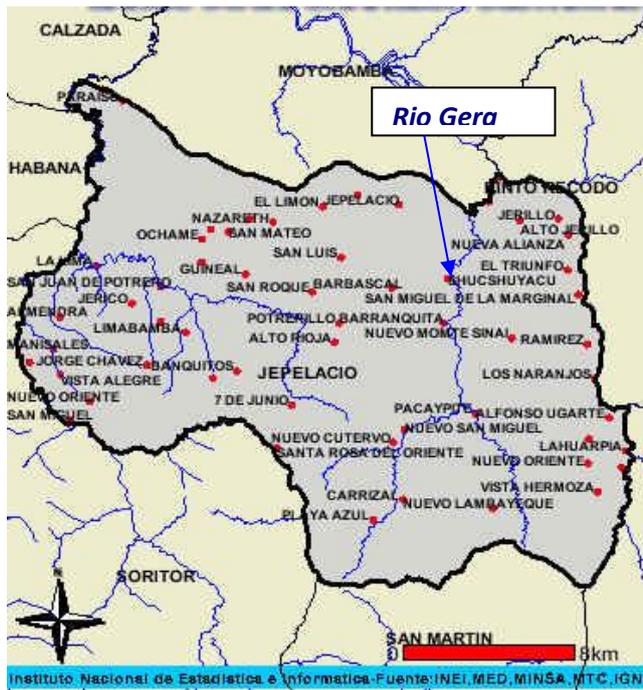
**Mapa N° 01:**

## Delimitación de la Cuenca del Río Gera y Ubicación de la Estación Meteorológica, Distrito de Jepelacio –Moyobamba



Fuente: Elaboración Propia, 2014

### 2.1.2. Estructura Político administrativa



La estructura administrativa responde a las normas nacionales. La alcaldía provincial es la de Moyobamba que coordina entre otras a la alcaldía distrital de Jepeleacio y esta a su vez a la alcaldía delegada de Nuevo San Miguel y a los Agentes Municipales de los diferentes caseríos. El poder ejecutivo nacional está representado por los Tenientes Gobernadores y el judicial por

los jueces de paz. A opinión de los pobladores aseveran que hay una presencia muy débil del Estado y que la gestión pública es deficiente y burocrática.

### 2.1.3. Características Socio Económicas y Culturales

#### Estructura de la población

La población de la cuenca es una población sobre todo joven (más del 50% tienen menos de 15 años), de características propias de pequeños productores agropecuarios y con una cultura y actitud tradicionalista. La religión (católica y protestante) tiene gran influencia en la organización comunitaria y en la cosmovisión de los ciudadanos.

El principal patrimonio de la cuenca es el paisaje natural y la riqueza de su biodiversidad. Existen pocos sitios de valor cultural y los pocos que hay no han sido puestos en valor.

El analfabetismo alcanza el 17% y cerca del 58% manifiestan que el ingreso disponible no les alcanza para cubrir sus necesidades.

#### Actividades que se desarrollan

La Tabla 02, nos presenta los resultados de las principales actividades económicas que desarrolla la población en la cuenca. Predominan las actividades agropecuarias; las actividades de transformación son aún escasas, lo mismo que la artesanía y el turismo. En los núcleos urbanos se presentan actividades comerciales, especialmente en compra-venta de productos agropecuarios, de artículos de consumo básico y de insumos para la producción.

**Tabla 02: Actividades que se desarrollan en la Sub Cuenca de Gera**

Zona	Actividades Agrícolas	Actividades Pecuarias u otros	Actividades Comerciales	Artesanía	Turismo
Valle Hermoso / Los Olivos	Café Maíz Plátano Fréjol Arracacha Papa Repollo Lechuga Yuca Sangre de grado Miel de abeja	Ganado Vacuno Porcino Aves de corral	Venta de café y otros productos Ganado Carne	Tejidos	
Monterrico , San Miguel, Carrisal, Bella Palma	Café ** (1) Plátano (3) Pastos (2) Yuca (A) Maíz (A) Menestras (A)	Bovino ** (1) Ovino (3) Cerdo (2)	-Compra / venta de café -Bodegas de artículos de consumo -Transporte	No	Esporádico
Playa Azul / Santa María Nuevo Oriente	Café Yuca Plátano (A) Maíz (A)	Ganado vacuno carne Vacuno-leche (5-8 litros)	Café y ganado		

(Fuente: Taller diagnóstico participativo Dic. 2013) (A) autoconsumo

Los volúmenes transados comercialmente en la región son bajos, debido a las condiciones de infraestructura vial y a la disponibilidad de transporte. El comercio es dominado por una tienda que asume las funciones de mayorista-minorista y de acopio de café en Nuevo San Miguel.

#### **2.1.4. Aspectos Ecológicos de la Cuenca**

El ámbito de estudio pertenece a la Zona de Vida de los tipos Bosque Húmedo Pre montano Tropical y Bosque Húmedo Sub Tropical, por encontrarse dentro de la cuenca del Alto Mayo. Las lluvias en esta región son abundantes ya que el promedio de precipitaciones al año fluctúa entre los 1113 ms. a 1525.3 mm. En este ecosistema las formaciones vegetales se distribuyen entre los 2050 y 810 msnm., es un ecosistema típico de selva alta.

El clima de la Cuenca Río Gera, es Subtropical Cálido - Húmedo, propios de la zona de la selva alta, la época de precipitaciones pluviales se presenta durante los 12 meses del año y con período muy húmedos entre los meses de Marzo, Abril, Octubre, Noviembre y Diciembre.

Normalmente las temperaturas oscilan entre 21.2 °C y 23.6 °C. La altitud media es de 1430 m.s.n.m., la cota menor en el caudal de salida del Río Gera es de 810 m.s.n.m. y la cota superior en la cabecera de la Cuenca es de 2050 m.s.n.m. La superficie de la Cuenca del Río Gera, agrupa aquellas tierras que no tienen las condiciones ecológicas ni edáficas requeridas para la explotación de cultivos, pastos o producción forestal y también otras tierras que, aunque presentan vegetación natural boscosa, su uso no es económico y deben ser manejados con fines de protección de cuencas hidrográficas, vida silvestre, valores escénicos, recreativos y otros que impliquen beneficio colectivo o de interés social.

#### **Flora y Fauna**

Entre las variedades de especies arbóreas, arbustivas, pastos entre otras, identificadas en el ámbito de estudio, se tiene:

**Tabla 03: Relación de especies identificadas en el área de estudio**

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	SITUACIÓN ACTUAL
Aguaje	<i>Mauritia Flexuosa</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Cedro	<i>Cedrela adórate</i>	Vulnerable
Chope	<i>Gustavia longifolia</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Guaba	<i>Inga edulis</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Tornillo	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Moena	<i>Aniba gigantiflora</i>	Vulnerable
Shimbillo	<i>Inga ruiziana</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Cetico	<i>Cecropia latifolia.</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Caimito	<i>Pouteria caimito.</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Shaina	<i>Columbrina glandulosa.</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Sacha chope	<i>Grias sp.</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Tangarana	<i>Triplaris pavoni.</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Papaya	<i>Carica Papaya</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Palta	<i>Persea Americana</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Cocona	<i>Theobroma grandiflorum</i>	No se encuentra en peligro de extinción.
Naranja	<i>Citrus Auranteu</i>	No se encuentra en peligro de extinción.

**Fuente:** CONHYDRA, 2014.

En zonas alejadas de estas localidades, se pueden observar algunas especies de fauna. Por otro lado las poblaciones se dedican a la crianza de ganado vacuno, porcino y aves de corral la que realizan a campo abierto. Entre las especies acuáticas tenemos mojarra, carachama, cuya extracción es para autoconsumo de la población. Dentro de las más representativas especies de fauna tenemos los siguientes:

**Tabla N° 04: Especies de fauna identificadas en el área de estudio:**

<b>MAMÍFEROS</b>		
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Situación actual</b>
<b>Carachupa</b>	<i>Dasyopus novemcintus</i>	<i>No se encuentra en peligro de extinción.</i>
<b>Añuje</b>	<i>Dasyprocta fuliginosa.</i>	<i>No se encuentra en peligro de extinción.</i>
<b>Conejo</b>	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	<i>No se encuentra en peligro de extinción.</i>
	Reptiles	
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Situación actual</b>
<b>Loro Machaco</b>	<i>Bothrops bilineatus.</i>	<i>No se encuentra en peligro de extinción.</i>
<b>Jergón</b>	<i>Bothrops spp.</i>	<i>Vulnerable</i>
<b>Lagartija</b>	<i>Psammotromus hispanicus</i>	<i>No se encuentra en peligro de extinción.</i>
	Aves	
<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Situación actual</b>
<b>Gallinazo</b>	<i>Ortalis erythroptera.</i>	<i>No se encuentra en peligro de extinción.</i>
<b>Paúcar</b>	<i>Cacicas spp.</i>	<i>No se encuentra en peligro de extinción.</i>
<b>Paloma</b>	<i>Columba canops.</i>	<i>No se encuentra en peligro de extinción.</i>
<b>Loro</b>	<i>Amazona spp.</i>	<i>No se encuentra en peligro de extinción.</i>
<b>Pájaro Carpintero</b>	<i>Colaptes melanochloros</i>	<i>No se encuentra en peligro de extinción.</i>

**Fuente:** CONHYDRA, 2014.

## 2.2. Análisis y tratamiento de la Información Hidrométrica e Hidrológica

El recurso hídrico proveniente del escurrimiento superficial originado por la precipitación ocurrida en la Cuenca es de tipo orográfico y tiene mayor presencia en alturas superiores a los 2,000 msnm, y correlativamente son registradas en la Estación Jepelacio, ubicado en el Distrito de Jepelacio, no requieren ser naturalizadas, por cuanto, no existe ninguna obra de regulación mayor y su comportamiento de entrada y salida es natural.

Para la evaluación hidrológica de la Cuenca Río Gera (21,457.71 has), se ha considerado la fuente secundaria de la precipitación a nivel del Alto Mayo (Provincia de Ríoja y Moyobamba).

Asimismo, no existe información hidrométrica, por lo que el caudal de diseño en la captación (caudal de descarga de la Cuenca), es calculado en base a la escorrentía superficial y el coeficiente de escorrentía, este último ajusta las pérdidas por infiltración, evaporación y consumos por las condiciones ecosistémicas de la Cuenca (bosques, biodiversidad, hábitat y ecosistemas locales) como servicios ambientales hídricos que produce la Cuenca en estudio.

### 2.2.1. Análisis de la Variables Meteorológicas

La precipitación es la principal variable a considerar en el presente estudio. Desde el punto de vista estrictamente físico (meteorológico) existen factores que afectan la magnitud de la lluvia y son complejos para su evaluación. En la selva alta de la Amazonía peruana, las lluvias son de tipo orográfico, es decir la variación de la precipitación en el área de la Cuenca Río Gera, está en función a la altitud (810 msnm a 2050 msnm).

El comportamiento de los caudales del curso principal de la Cuenca Río Gera, está en función a la precipitación media de la Cuenca, para este propósito se ha considerado a la altitud media de la Cuenca (1430 msnm).

Las variables meteorológicas de temperatura, humedad, evaporación, infiltración y otros consumos o pérdidas, son considerado en el cálculo del coeficiente de escorrentía superficial: 0.498, como un factor de ajuste hidrológico.

### 2.2.2. Tratamiento de la Información Hidrometeorológica e hidrométrica

En la Cuenca Río Gera, se encuentra la estación meteorológica Jepelacio, el cual es administrado por SENAMHI.

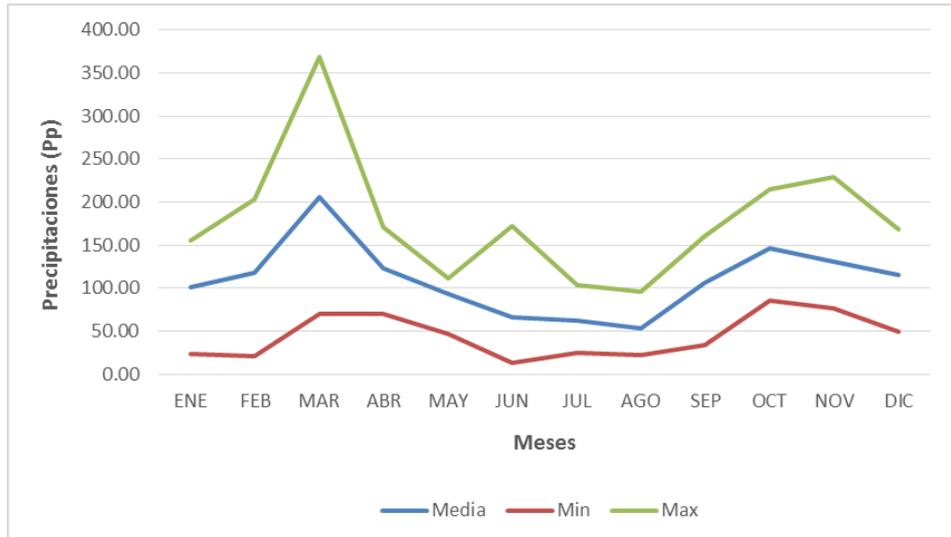
Se ha tomado los datos de precipitación desde el año 2004 hasta el 2013 (10 años), para el análisis de la disponibilidad hídrica de la cuenca. (Ver tabla n° 5)

**Tabla 05: Indicadores Estadísticos de la Precipitación en la estación Jepelacio.**

<b>ANEXO 01: DATOS DE PRECIPITACION DE LA ESTACION JEPELACIO (mm)</b>													
Estación : PLU - Jepelacio													
Localidad : Jepelacio Distrito:Jepelacio Provincia: Moyobamba Dpto: San Martín Lat.: 06°07' Long.: 76°55' Alt.: 1113 msnm													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOT
2004	24.0	88.6	135.3	170.3	109.3	58.7	104.2	43.0	87.5	158.2	116.2	123.7	1,219.0
2005	62.0	152.6	131.4	113.2	111.0	38.5	50.1	35.8	33.5	159.7	229.3	143.7	1,260.8
2006	139.2	126.6	169.8	91.6	46.5	59.4	54.2	63.9	124.6	120.3	76.6	135.0	1,207.7
2007	117.3	21.1	207.8	126.7	84.9	13.5	63.2	63.6	159.5	214.8	189.7	108.3	1,370.4
2008	103.0	203.0	236.9	136.8	78.3	121.0	45.0	49.9	134.0	85.4	122.6	120.6	1,436.5
2009	155.5	119.9	156.1	164.8	105.5	171.7	78.8	81.9	96.7	102.0	89.4	49.0	1,371
2010	49.4	162.0	70.0	114.6	96.4	34.1	93.4	24.0	72.6	184.2	130.6	81.7	1,113
2011	85.0	80.6	350.2	79.4	87.0	50.8	64.6	53.8	91.5	145.9	122.4	168.3	1,380
2012	154.9	161.9	232.9	165.0	103.4	75.5	25.6	22.3	161.1	188.6	84.1	150.0	1,525
2013	117.2	63.9	368.5	70.7	111.7	45.9	51.0	96.2	100.6	99.4	144.9	75.5	1,346
<b>Media</b>	100.75	118.02	205.89	123.31	93.40	66.91	63.01	53.44	106.16	145.85	130.58	115.58	1322.90
<b>Min</b>	24.00	21.10	70.00	70.70	46.50	13.50	25.60	22.30	33.50	85.40	76.60	49.00	1113.00
<b>Max</b>	155.50	203.00	368.50	170.30	111.70	171.70	104.20	96.20	161.10	214.80	229.30	168.30	1525.30
<b>Des. Est.</b>	45.01	54.71	95.30	36.12	20.26	46.60	23.53	23.85	39.54	43.18	47.79	37.21	122.09
<b>Var</b>	1823.48	2694.25	8174.15	1174.05	369.37	1954.15	498.44	512.03	1406.79	1678.42	2055.33	1246.33	13416.45
<b>Coef. As.</b>	-0.40	-0.27	0.63	-0.04	-1.49	1.49	0.42	0.42	-0.19	0.08	1.07	-0.49	-0.15
<b>Coef. Kur</b>	-0.94	-0.43	-0.27	-1.35	2.40	2.11	-0.13	-0.41	-0.12	-1.18	0.82	-0.53	-0.30

Fuente: Elaboración por Equipo de trabajo, 2014.

**Gráfico N° 01: Curva de Precipitación (Pp) Mensual - Cuenca del Río Gera**



Del Gráfico N° 01, y en referencia a la Cuenca del Río Gera, se evidencia que existe precipitación durante 12 meses al año; además el período húmedo se registra entre los meses de Octubre a Diciembre prolongándose hasta Marzo y el período seco entre los meses de Abril hasta Agosto.

La Precipitación promedio (Pp prom) mensual varía desde 53.44 mm. (mes de Agosto) hasta 205.89 mm. (mes de Marzo); la Precipitación Mínima (Pp min) mensual varía desde los 13.50 mm (mes de Junio) hasta 85.40 mm (mes de Octubre), y la Precipitación Máxima (Pp máx) mensual varía desde 96.20 mm. (mes de Agosto) hasta 368.50 mm (mes de Marzo).

Además, se tiene que la precipitación media anual es 1322.90 mm, La precipitación mínima anual es 1113.00 mm y la precipitación máxima es 1525.30 mm., considerando el registro histórico de precipitación en el período 2004 al 2013 de la Estación Japelacio.

## 2.3. Disponibilidad Hídrica

### 2.3.1. Disponibilidad del Agua

La estimación de la disponibilidad de agua, en la descarga o caudal de salida, de la Cuenca Río Gera, es determinada por modelos hidrológicos determinísticos, basado en los procesos de Precipitación-Escorrentía.

Para calcular la disponibilidad de agua, se ha utilizado la siguiente fórmula racional:

$$V = Ces * Pp * Ac$$

Dónde:

V : Volumen de agua de escorrentía superficial (m<sup>3</sup>.)

Ces : Coeficiente de escorrentía superficial

Pp : Precipitación media anual histórica (m)

Ac : Área de la Cuenca (m<sup>2</sup>)

Existe relación entre la precipitación y la escorrentía ( $C = Q/P$ ) sobre el área de la Cuenca y para encontrar la relación existente entre la precipitación y la escorrentía superficial, se ha evaluado la precipitación media mensual y anual de la Cuenca, transformándola a m<sup>3</sup>/s para uniformizar las unidades entre el caudal y la precipitación.

El coeficiente de escurrimiento anual encontrado para la Cuenca del Río Gera, es igual  $Ces = 0.498$  con los caudales medios mensuales históricos registrados.

De los datos de precipitación y la aplicación de la fórmula racional, se estima el comportamiento del caudal real (m<sup>3</sup>/seg) mensual histórico, en el punto de descarga. Ver detalles en la tabla 06.

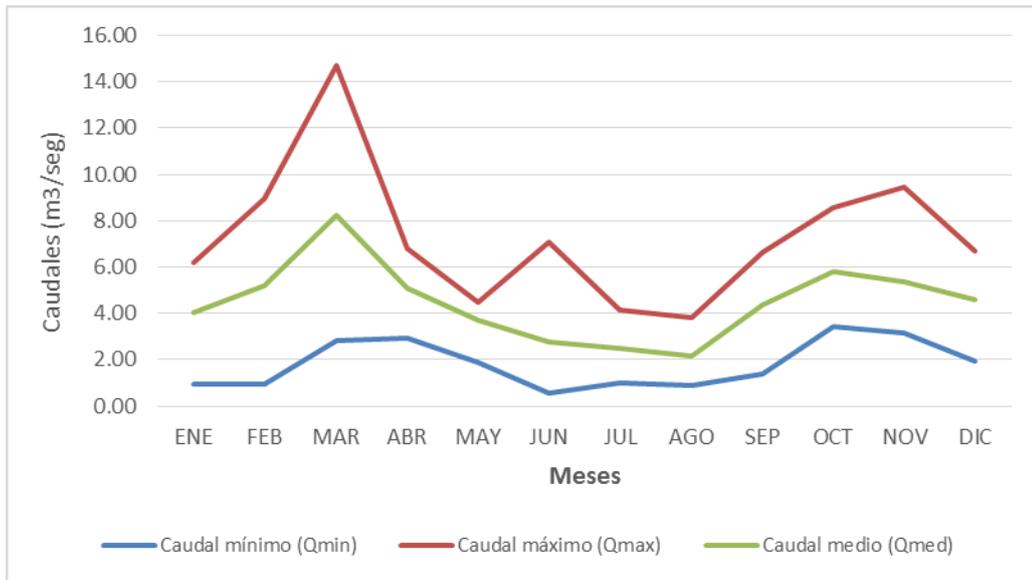
**Tabla 06: Caudal Mensualizado del Curso Principal de la Cuenca Río Gera (Caudales en el Punto de descarga)**

SUBCUENCA RÍO GERA (Área=21457.71 has y Ces=0.489)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO MENSUAL
Pp mínima (mm)	24.00	21.100	70.000	70.700	46.500	13.50	25.600	22.300	33.500	85.400	76.60	49.000	44.850
Pp prom (mm)	100.75	118.020	205.890	123.310	93.400	66.91	63.010	53.440	106.160	145.850	130.58	115.580	110.242
Pp máxima (mm)	155.50	203.000	368.500	170.300	111.700	171.70	104.200	96.200	161.100	214.800	229.30	168.300	179.550
Caudal mínimo (Qmin)	0.96	0.93	2.79	2.91	1.86	0.56	1.02	0.89	1.38	3.41	3.16	1.95	1.82
Caudal máximo (Qmax)	6.20	8.97	14.70	6.79	4.46	7.08	4.16	3.84	6.64	8.57	9.45	6.71	7.30
Caudal medio (Qmed)	4.02	5.21	8.21	5.08	3.73	2.76	2.51	2.13	4.38	5.82	5.38	4.61	4.49

Fuente: Elaboración por Equipo de Trabajo, 2014.

**Gráfico N° 02: Curva del Caudal Mensual del Curso Principal de la Cuenca**

### Río Gera (Caudal en el Punto de descarga)



De la tabla 06 y Gráfico N° 02, en referencia al curso principal de la Cuenca Río Gera, se evidencia que existe volumen de agua, durante los 12 meses al año; además el período húmedo se registra entre los meses de Octubre a Diciembre prolongándose hasta Marzo, y el período seco (estiaje) entre los meses de Abril a Agosto. Asimismo, el caudal promedio mensual histórico varía desde 2.13 m<sup>3</sup>/seg (mes de Agosto) hasta 8.21 m<sup>3</sup>/seg (mes de Marzo); el caudal mínimo mensual histórico varía desde los 0.56 m<sup>3</sup>/seg.(mes de Junio) hasta 3.41 m<sup>3</sup>/seg.(mes de Octubre) y el caudal máximo mensual histórico varía desde 3.84 m<sup>3</sup>/seg.(mes de Agosto) hasta 14.70 m<sup>3</sup>/seg. (Mes de Marzo).

Además, en promedio el caudal mínimo mensual (Q<sub>min</sub>) del curso principal de la Cuenca Río Gera (en el punto de descarga), es de 1.82 m<sup>3</sup>/seg., el caudal medio mensual es de 4.49 m<sup>3</sup>/seg. y el caudal máximo mensual es de 7.30 m<sup>3</sup>/seg.

**Tabla 07: Disponibilidad Hídrica Mensual (m<sup>3</sup>) del Río Gera (Oferta hídrica efectiva mensualizado en el punto de descarga)**

<b>SUBCUENCA RÍO GERA (Área=21457.71 hás y Ces=0.489)</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>PROMEDIO MENSUAL</b>
Volumen mínimo (m3/mes)	2564625.50	2254733.25	7480157.71	7554959.28	4968961.90	1442601.84	2735600.53	2382964.53	3579789.76	9125792.40	8185429.72	5236110.39	4792643.90
Volumen máximo (m3/mes)	16616636.05	21692457.35	39377687.35	17611117.84	11936194.51	18347758.26	11134749.04	10279873.88	17215048.66	22953398.22	24502859.46	17984436.31	19137684.74
Volumen medio (m3/mes)	10766084.13	12611545.89	22001281.00	13176832.10	9980667.57	7149962.17	6733210.53	5710566.11	11344193.46	15585442.88	13953699.90	12350808.97	11780357.89

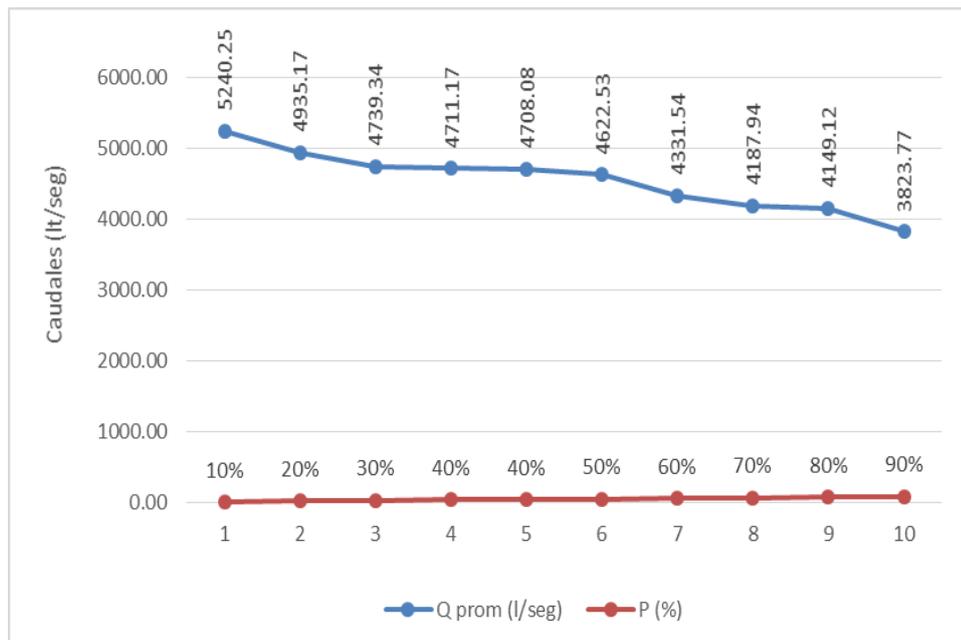
FuenteFuente: Elaboración por Equipo de Trabajo, 2014.

### 2.3.2. Análisis de Persistencia de Probabilidad de Ocurrencia de Caudales

La frecuencia de ocurrencia de los caudales en el punto de descarga, a partir de la precipitación media anual y coeficiente de escorrentía en la Cuenca del Río Gera, se tiene las siguientes probabilidades de ocurrencia en porcentaje (P) y período de retorno en años (T) de los caudales en punto de descarga.

En el gráfico 03, se tiene que la probabilidad de ocurrencia del caudal promedio menor 3823.77 L/seg., es de 90% y el período de retorno será de 01 año, es decir se prevé que el caudal mínimo esperado para cualquier año será de 3823.77 L/seg., con una probabilidad del 90%. Asimismo, la probabilidad de ocurrencia del caudal promedio mayor 5240.25 L/seg., es de 10% y el período de retorno será de 10 años, es decir se prevé que el caudal máximo esperado para cualquier año será 5240.25 L/seg., con una probabilidad de 10%. (Ver Gráfico N° 03)

**Gráfico N° 03: Caudal de Ocurrencia – Cuenca del Río Gera**



## 2.4. Usos y Demanda de Agua de la Cuenca río Gera

### 2.4.1. Demanda Actual y Futuro del Agua

En la tabla 08, se muestra la demanda actual y futura de agua superficial de la sub cuenca Gera

**Tabla 08: Demanda actual (2014) y Futura (2034) de Agua Superficial de la Cuenca del Río Gera – Japelacio (Uso Consuntivo y no Consuntivo)**

N°	Años	Demanda proyectada (lt/seg)	Q(m3/día)	Q(m3/mes)	Q(m3/año)
0	2014	1500.00	36.000	1080.000	12960.000
1	2015	1533.45	36.803	1104.084	13249.008
2	2016	1567.65	37.624	1128.705	13544.461
3	2017	1602.60	38.463	1153.875	13846.502
4	2018	1638.34	39.320	1179.607	14155.279
5	2019	1674.88	40.197	1205.912	14470.942
6	2020	1712.23	41.093	1232.804	14793.644
7	2021	1750.41	42.010	1260.295	15123.542
8	2022	1789.44	42.947	1288.400	15460.797
9	2023	1829.35	43.904	1317.131	15805.573
10	2024	1870.14	44.883	1346.503	16158.037
11	2025	1911.85	45.884	1376.530	16518.362
12	2026	1954.48	46.908	1407.227	16886.721
13	2027	1998.07	47.954	1438.608	17263.295
14	2028	2042.62	49.023	1470.689	17648.266
15	2029	2088.17	50.116	1503.485	18041.823
16	2030	2134.74	51.234	1537.013	18444.155
17	2031	2182.34	52.376	1571.288	18855.460
18	2032	2231.01	53.544	1606.328	19275.937
19	2033	2280.76	54.738	1642.149	19705.790
20	2034	2331.62	55.959	1678.769	20145.229

Fuente: Elaboración por Equipo de Trabajo, 2014.

La demanda futuro total de agua superficial (al año 2034), de la fuente Río Gera es 2.331.62 m<sup>3</sup>/seg., equivalente a 2331.62 Lts/seg. Asimismo, el consumo total anual de agua al año 2034 es 20145.229 m<sup>3</sup>/año, equivalente a 0.02015 MMC.

## 2.5. Balance Hídrico

Para el presente estudio, el balance hídrico de la Cuenca del Río Gera, se calcula en función del uso total del agua superficial (demanda hídrica) y el agua superficial disponible (oferta hídrica). El balance hídrico, es calculado considerando tres escenarios, es decir cuando se tiene una oferta hídrica mínima, media y máxima; además de considerar la demanda hídrica futuro total (para el presente estudio uso futuro poblacional del agua).

## 2.5.1. Balance Hídrico en Situación Actual

### a) Cuando se tiene una oferta mínima mensual (Período Seco)

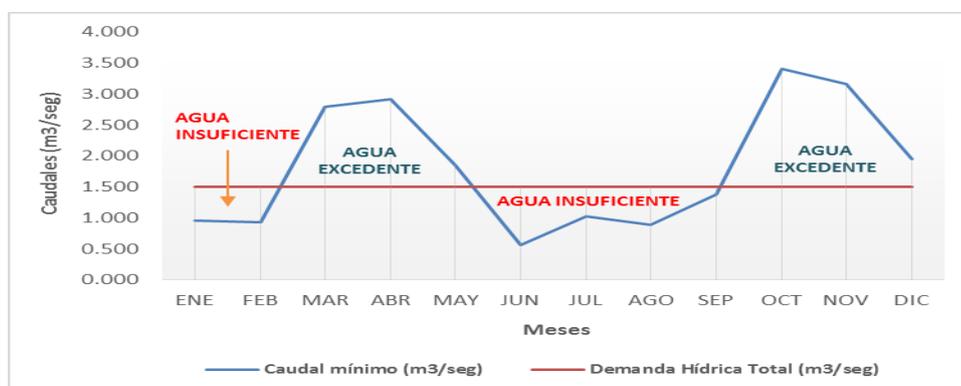
La oferta hídrica mínima mensual del curso principal del Río Gera, en el punto de descarga de agua del proyecto en referencia, en el año 2014, varía desde 0,557 m<sup>3</sup>/seg (Junio) hasta 3.407 m<sup>3</sup>/seg (Octubre) y considerando una demanda hídrica total de 1500 Lts/seg, en el año 2014, se tiene una excedencia de agua en la fuente que varía desde el 19.146% en el mes de Mayo hasta 55.975% en el mes de Octubre y una excedencia de agua en la fuente en promedio anual del 17.511%; también se puede observar en los meses de Enero, Febrero, Junio, Julio, Agosto y Setiembre hay escasez de agua, que varía desde el 169.513% hasta 8.610%. (Ver tabla 09 y Gráfico N° 04)

**Tabla 09: Balance Hídrico y Excedencia de Agua, cuando se tiene una Oferta Hídrica Mínima y una Demanda Hídrica Total (1500 Lts/seg) en el Año 2014**

SUBCUENCA RÍO GERA (Área=21457.71 hás y Ces=0.489)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO MENSUAL	
Caudal mínimo (m3/seg)	0.958	0.932	2.793	2.915	1.855	0.557	1.021	0.890	1.381	3.407	3.158	1.955	1.818	
Demanda Hídrica Total (m3/seg)	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	
Balance Hídrico (año 2014)	m3/seg	-0.542	-0.568	1.293	1.415	0.355	-0.943	-0.479	-0.610	-0.119	1.907	1.658	0.455	0.318
	m3/día	-781.169	-817.897	1861.590	2037.200	511.485	-1358.555	-689.247	-878.836	-171.228	2746.340	2387.461	655.113	458.521
	MMC	-0.00078	-0.00082	0.00186	0.00204	0.00051	-0.00136	-0.00069	-0.00088	-0.00017	0.00275	0.00239	0.00066	0.00046
<b>Excedencia (%)</b>	-56.654	-60.941	46.290	48.537	19.146	-169.513	-46.864	-68.597	-8.610	55.975	52.501	23.271	17.511	

Fuente: Elaboración por Equipo de Trabajo, 2014.

**Gráfico N° 04: Nivel de Excedencia de Agua Cuando se tiene una Oferta Hídrica Mínima y una Demanda Total (1500 Lts/seg) en el Año 2014**



Fuente: Elaboración por Equipo de Trabajo, 2014.

**b) Cuando se tiene una oferta media mensual (Período Medio)**

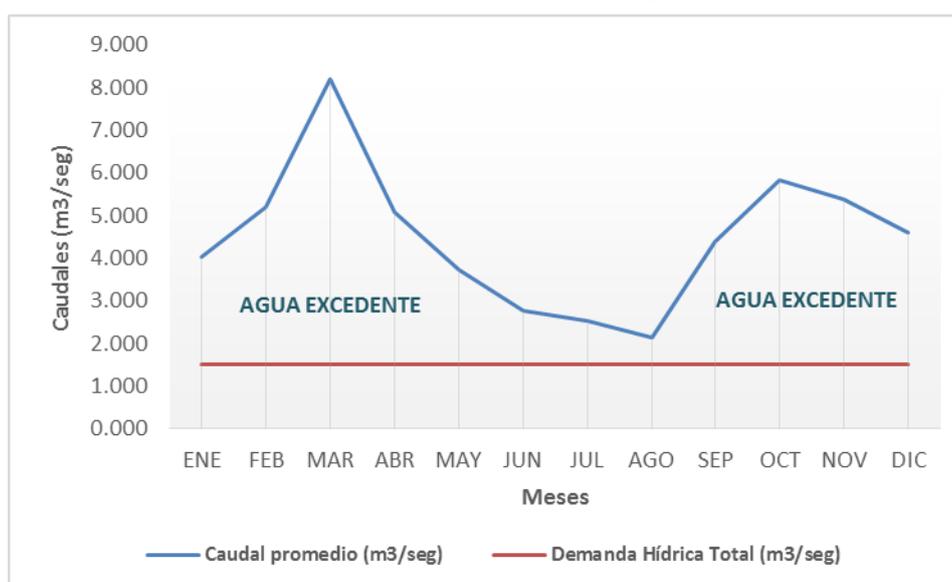
La oferta hídrica media mensual del curso principal del Río Gera, en el punto de descarga de agua del proyecto en referencia, varía desde 2.132 m<sup>3</sup>/seg (Agosto) hasta 8.214 m<sup>3</sup>/seg (Marzo) y considerando una demanda hídrica total de 1500 Lts/seg, en el año 2014, se tiene una excedencia de agua en la fuente que varía desde el 29.646% en el mes de Junio hasta 81.739% en el mes de Marzo y una excedencia de agua en la fuente en promedio anual del 61.754%. (Ver tabla 10 y Gráfico N° 05)

**Tabla 10: Balance Hídrico y Excedencia de Agua, cuando se tiene una Oferta Hídrica Media y una Demanda Hídrica Total (1500 Lts/seg) en el Año 2014**

SUBCUENCA RÍO GERA (Área=21457.71 hás y Ces=0.489)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO MENSUAL	
Caudal promedio (m3/seg)	4.020	5.213	8.214	5.084	3.726	2.758	2.514	2.132	4.377	5.819	5.383	4.611	4.488	
Demanda Hídrica Total (m3/seg)	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	
Balance Hídrico (año 2014)	m3/seg	2.520	3.713	6.714	3.584	2.226	1.258	1.014	0.632	2.877	4.319	3.883	3.111	2.988
	m3/día	3628.217	5346.873	9668.646	5160.462	3205.950	1812.201	1460.006	910.197	4142.330	6219.270	5592.056	4480.220	4302.202
	MMC	0.00363	0.00535	0.00967	0.00516	0.00321	0.00181	0.00146	0.00091	0.00414	0.00622	0.00559	0.00448	0.00430
<b>Excedencia (%)</b>	62.683	71.226	81.739	70.494	59.746	45.622	40.332	29.646	65.727	74.222	72.136	67.471	61.754	

Fuente: Elaboración por Equipo de Trabajo, 2014.

**Gráfico N° . 05: Nivel de Excedencia de Agua Cuando se tiene una Oferta Hídrica Media y una Demanda Hídrica Total (1500 Lts/seg) en el Año 2014**



Fuente: Elaboración por Equipo de Trabajo, 2014.

**c) Cuando se tiene una oferta máxima mensual (Período Húmedo)**

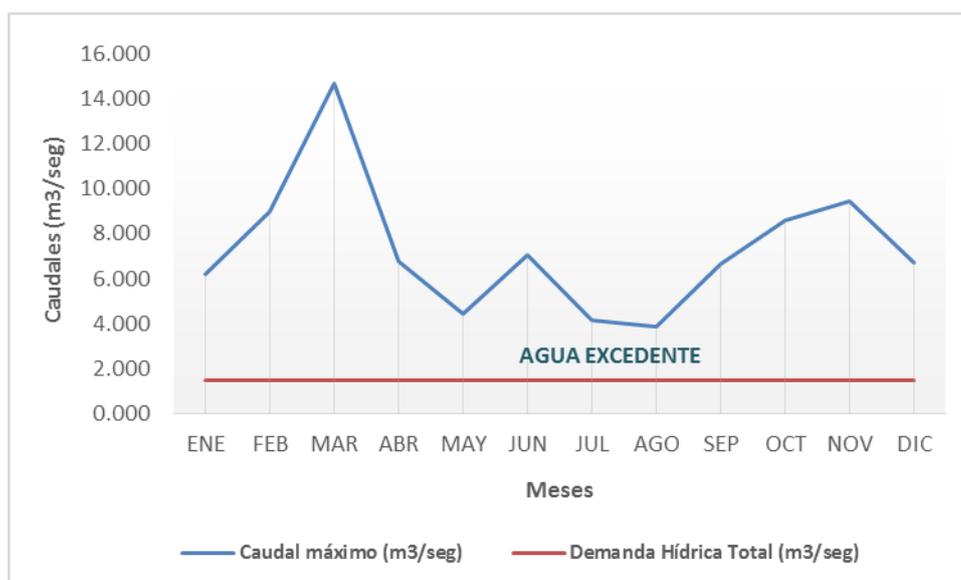
La oferta hídrica máxima mensual del curso principal del Río Gera, en el punto de descarga de agua del proyecto en referencia, varía desde 0,381 m<sup>3</sup>/seg (Julio) hasta 1,119 m<sup>3</sup>/seg (Marzo) y considerando una demanda hídrica total de 1500 Lts/seg, en el año 2014, se tiene una excedencia de agua en la fuente que varía desde el 96,20 % en el mes de Julio hasta 98,71 % en el mes de Marzo y una excedencia de agua en la fuente en promedio anual del 98,15 %. Ver tabla 11 y Gráfico N° 06.

**Tabla 11: Balance Hídrico y Excedencia de Agua, cuando se tiene una Oferta Hídrica Máxima y una Demanda Hídrica Total (1500 Lts/seg) en el Año 2014**

SUBCUENCA RÍO GERA (Área=21457.71 hás y Ces=0.489)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO MENSUAL	
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /seg)	6.204	8.967	14.702	6.794	4.456	7.079	4.157	3.838	6.642	8.570	9.453	6.715	7.298	
Demanda Hídrica Total (m <sup>3</sup> /seg)	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	
Balance Hídrico (año 2014)	m <sup>3</sup> /seg	4.704	7.467	13.202	5.294	2.956	5.579	2.657	2.338	5.142	7.070	7.953	5.215	5.798
	m <sup>3</sup> /día	6773.675	10752.177	19010.800	7623.954	4257.309	8033.199	3826.424	3366.814	7403.916	10180.537	11452.700	7509.052	8349.213
	MMC	0.00677	0.01075	0.01901	0.00762	0.00426	0.00803	0.00383	0.00337	0.00740	0.01018	0.01145	0.00751	0.00835
<b>Excedencia (%)</b>	75.822	83.272	89.797	77.923	66.341	78.809	63.918	60.918	77.415	82.497	84.132	77.661	76.542	

Fuente: Elaboración Por Equipo de Trabajo, 2014.

**Gráfico N° 06: Nivel de Excedencia de Agua Cuando se tiene una Oferta Hídrica Máxima y una Demanda Hídrica Total (1500 Lts/seg) en el Año 2014**



Fuente: Elaboración por Equipo de Trabajo, 2014.

## 2.5.2. Balance Hídrico en la Situación Futura

### a. Cuando se tiene una oferta mínima anual (Año Mínimos)

El balance hídrico con una oferta hídrica mínimo anual del curso principal del Río Gera, en el punto de descarga de agua del proyecto en estudio, considerando la demanda hídrica total anual, varía desde 0,150 m<sup>3</sup>/seg (año 2014) hasta 0,233 (año 2034). Se tiene una excedencia de agua en la fuente que varía desde el 60.23% en el año 2014 a 38.18% en el año 2034. (Ver tabla 12)

**Tabla 12: Balance Hídrico Futuro para Una Oferta Hídrica Mínima Anual y Demanda Hídrica Futura**

N°	AÑOS	DEMANDA FUTURA	OFERTA HÍDRICA MÍNIMA ANUAL	BALANCE HÍDRICO	AGUA EXCEDENTE
		(m <sup>3</sup> /seg)	(m <sup>3</sup> /seg)	(m <sup>3</sup> /seg)	(%)
0	2014	1.5000	3.7714	2.2714	60.23
1	2015	1.5335	3.7714	2.2379	59.34
2	2016	1.5676	3.7714	2.2037	58.43
3	2017	1.6026	3.7714	2.1688	57.51
4	2018	1.6383	3.7714	2.1330	56.56
5	2019	1.6749	3.7714	2.0965	55.59
6	2020	1.7122	3.7714	2.0592	54.60
7	2021	1.7504	3.7714	2.0210	53.59
8	2022	1.7894	3.7714	1.9819	52.55
9	2023	1.8293	3.7714	1.9420	51.49
10	2024	1.8701	3.7714	1.9012	50.41
11	2025	1.9118	3.7714	1.8595	49.31
12	2026	1.9545	3.7714	1.8169	48.18
13	2027	1.9981	3.7714	1.7733	47.02
14	2028	2.0426	3.7714	1.7288	45.84
15	2029	2.0882	3.7714	1.6832	44.63
16	2030	2.1347	3.7714	1.6366	43.40
17	2031	2.1823	3.7714	1.5890	42.13
18	2032	2.2310	3.7714	1.5404	40.84
19	2033	2.2808	3.7714	1.4906	39.52
20	2034	2.3316	3.7714	1.4398	38.18

Fuente: Elaboración por Equipo de Trabajo, 2014.

### b. Cuando se tiene una oferta media anual (Años Medios)

El balance hídrico con una oferta hídrica mínimo anual del curso principal del Río Gera, en el punto de descarga de agua del proyecto en estudio, considerando la demanda hídrica total anual, varía desde 1.50 m<sup>3</sup>/seg (año 2014) hasta 2.33 (año 2034). Se tiene

una excedencia de agua en la fuente que varía desde el 66.54% en el año 2014 a 47.99% en el año 2034. (Ver tabla 13)

**Tabla 13: Balance Hídrico Futuro para Una Oferta Hídrica Media anual y Demanda Hídrica Futura**

N°	AÑOS	DEMANDA FUTURA	OFERTA HÍDRICA MEDIA ANUAL	BALANCE HÍDRICO	AGUA EXCEDENTE
		(m3/seg)	(m3/seg)	(m3/seg)	(%)
0	2014	1.5000	4.4826	2.9826	66.54
1	2015	1.5335	4.4826	2.9492	65.79
2	2016	1.5676	4.4826	2.9150	65.03
3	2017	1.6026	4.4826	2.8800	64.25
4	2018	1.6383	4.4826	2.8443	63.45
5	2019	1.6749	4.4826	2.8078	62.64
6	2020	1.7122	4.4826	2.7704	61.80
7	2021	1.7504	4.4826	2.7322	60.95
8	2022	1.7894	4.4826	2.6932	60.08
9	2023	1.8293	4.4826	2.6533	59.19
10	2024	1.8701	4.4826	2.6125	58.28
11	2025	1.9118	4.4826	2.5708	57.35
12	2026	1.9545	4.4826	2.5282	56.40
13	2027	1.9981	4.4826	2.4846	55.43
14	2028	2.0426	4.4826	2.4400	54.43
15	2029	2.0882	4.4826	2.3945	53.42
16	2030	2.1347	4.4826	2.3479	52.38
17	2031	2.1823	4.4826	2.3003	51.32
18	2032	2.2310	4.4826	2.2516	50.23
19	2033	2.2808	4.4826	2.2019	49.12
20	2034	2.3316	4.4826	2.1510	47.99

Fuente: Elaboración por Equipo de Trabajo, 2014.

**c. Cuando se tiene una oferta máxima anual (Años Máximos)**

El balance hídrico con una oferta hídrica mínimo anual del curso principal del Río Gera, en el punto de descarga de agua del proyecto en estudio, considerando la demanda hídrica total anual, varía desde 1.50 m<sup>3</sup>/seg (año 2014) hasta 2.33 (año 2034). Se tiene una excedencia de agua en la fuente que varía desde el 70.98% en el año 2014 a 54.89% en el año 2034. (Ver tabla 14)

**Tabla 14: Balance Hídrico Futuro para una Oferta Hídrica Máxima Anual y Demanda Hídrica Futura**

N°	AÑOS	DEMANDA FUTURA	OFERTA HÍDRICA MÁXIMA ANUAL	BALANCE HÍDRICO	AGUA EXCEDENTE
		(m3/seg)	(m3/seg)	(m3/seg)	(%)
0	2014	1.5000	5.1685	3.6685	70.98
1	2015	1.5335	5.1685	3.6350	70.33
2	2016	1.5676	5.1685	3.6008	69.67
3	2017	1.6026	5.1685	3.5659	68.99
4	2018	1.6383	5.1685	3.5301	68.30
5	2019	1.6749	5.1685	3.4936	67.59
6	2020	1.7122	5.1685	3.4562	66.87
7	2021	1.7504	5.1685	3.4181	66.13
8	2022	1.7894	5.1685	3.3790	65.38
9	2023	1.8293	5.1685	3.3391	64.61
10	2024	1.8701	5.1685	3.2983	63.82
11	2025	1.9118	5.1685	3.2566	63.01
12	2026	1.9545	5.1685	3.2140	62.18
13	2027	1.9981	5.1685	3.1704	61.34
14	2028	2.0426	5.1685	3.1258	60.48
15	2029	2.0882	5.1685	3.0803	59.60
16	2030	2.1347	5.1685	3.0337	58.70
17	2031	2.1823	5.1685	2.9861	57.78
18	2032	2.2310	5.1685	2.9375	56.83
19	2033	2.2808	5.1685	2.8877	55.87
20	2034	2.3316	5.1685	2.8368	54.89

Fuente: Elaboración por Equipo de Trabajo, 2014.

## 2.6. Caudal Ecológico o Ambiental del Río Gera

Se refiere como caudal ecológico al uso que requiere en forma natural el ecosistema, de tal forma que se pueda ejercer un sostenimiento de nuestros recursos naturales.

El objetivo del caudal ecológico es mantener un adecuado hábitat, temperatura, oxígeno disuelto y química para organismos acuáticos agua bebible para animales terrestres y humedad de suelos para plantas. La determinación del caudal se enfoca en la Época Seca y la Época de Humedad, ya que se considera un superávit de agua al ecosistema en la Época de lluvias. Se deben estimar los caudales promedios en la Época Seca y Época de Humedad en las zonas de estudio que asemejen las condiciones iniciales de la cuenca antes de ser manipulada por represas y canales de derivación

En la ley 29338, *Ley de Recursos Hídricos*, regula no sólo el uso del agua como un recurso, sino también los bienes asociados a él. La ley considera que el agua es parte integrante de los ecosistemas.

Además, el reglamento de la Ley es el Decreto Supremo N° 001-2010-AG, en el Artículo 153 define al caudal ecológico como el flujo de agua “que se debe mantener en las fuentes naturales de agua para la protección o conservación de los ecosistemas involucrados, la estética del paisaje u otros aspectos de interés científico o cultural”. Asimismo, el Artículo 155 determina que la metodología del cálculo del Caudal Ecológico será establecida por la Autoridad Nacional del Agua en coordinación con el Ministerio del Ambiente con la participación de las autoridades sectoriales competentes.

Según el Memorando Múltiple 018-2012-ANA-DCPRH-ERH-SUP se define el caudal ecológico y sus metodologías para evaluarlo. Los principales cálculos a realizar son:

- a. Para cursos de agua con caudales medios anuales menores a  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ , el caudal ecológico será como mínimo el 10% del caudal medio mensual para la época de avenida, y para la época de estiaje será de un 15 % del caudal medio mensual.
- b. Para cursos de agua con caudales medios anuales iguales o mayores a  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  y menores o iguales a  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ , el caudal ecológico se determinará como un porcentaje del caudal medio mensual siendo este el 10 % para la época de avenidas, y para la época de estiaje será de un 12 % del caudal medio mensual.
- c. Para cursos de agua con caudales medios anuales mayores a  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ , el caudal ecológico corresponderá al 10 % del caudal medio mensual para todos los meses del año.

Por lo tanto, en el estudio se tomó el cálculo según la descripción del ítem “a”, ya que el caudal promedio en el río Gera (según los análisis realizados anteriormente) es  $4.48 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

### **2.6.1. Determinación del Caudal Ecológico en época de Estiaje y Avenida**

A partir de los datos de la Tabla N° 11, donde se muestra los caudales medios mensuales históricos, y la demanda (consuntiva y no consuntiva) de  $1.5 \text{ m}^3/\text{seg}$ ., se determinó el caudal ecológico en época de estiaje y avenida, se hace el cálculo del caudal ecológico.

SUBCUENCA RÍO GERA (Área=21457.71 há y Ces=0.489)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO MENSUAL	
Caudal promedio (m <sup>3</sup> /seg)	4.020	5.213	8.214	5.084	3.726	2.758	2.514	2.132	4.377	5.819	5.383	4.611	4.488	
Demanda Hídrica Total (m <sup>3</sup> /seg)	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	1.50000	
Balance Hídrico (año 2014)	m <sup>3</sup> /seg	2.520	3.713	6.714	3.584	2.226	1.258	1.014	0.632	2.877	4.319	3.883	3.111	2.988
	m <sup>3</sup> /día	3628.217	5346.873	9668.646	5160.462	3205.950	1812.201	1460.006	910.197	4142.330	6219.270	5592.056	4480.220	4302.202
	MMC	0.00363	0.00535	0.00967	0.00516	0.00321	0.00181	0.00146	0.00091	0.00414	0.00622	0.00559	0.00448	0.00430
<b>Excedencia (%)</b>	62.683	71.226	81.739	70.494	59.746	45.622	40.332	29.646	65.727	74.222	72.136	67.471	61.754	

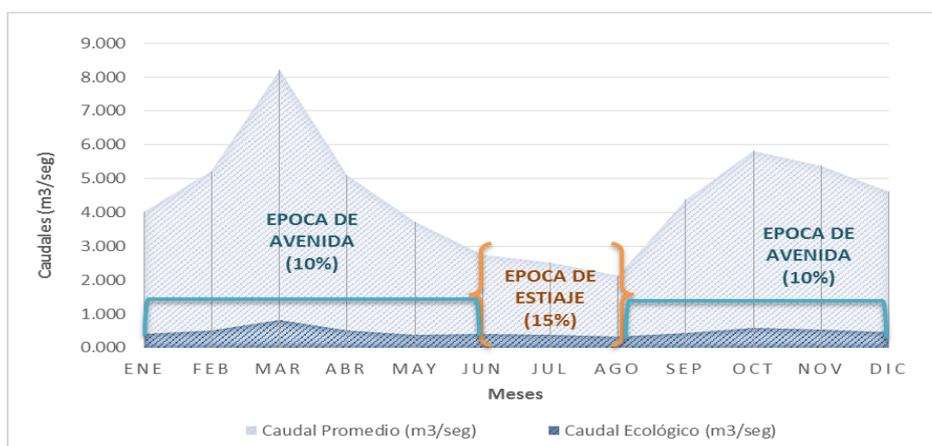
Aquí nos muestra lo caudales mensuales históricos (10 años), donde se puede observar que la época de estiaje (caudales de niveles bajos) son durante los meses de Junio, Julio y Agosto, y la época de avenida son durante los meses de Enero a Mayo y de Setiembre a Diciembre. Por lo tanto, con estos valores se calculó el caudal ecológico.

**Tabla N° 15: Caudal ecológico en época de estiaje y avenida**

SUBCUENCA RÍO GERA (Área=21457.71 há y Ces=0.489)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO MENSUAL
Caudal promedio (m <sup>3</sup> /seg)	4.020	5.213	8.214	5.084	3.726	2.758	2.514	2.132	4.377	5.819	5.383	4.611	4.49
<b>Caudal Ecológico (m<sup>3</sup>/seg)</b>	0.402	0.521	0.821	0.508	0.373	0.414	0.377	0.320	0.438	0.582	0.538	0.461	0.45
<b>Caudal Ecológico (%)</b>	10	10	10	10	10	15	15	15	10	10	10	10	10

El caudal ecológico calculado para época de estiaje correspondiente a los meses de Junio, Julio y Agosto con un porcentaje de 15% del caudal medio mensual es 0.414, 0.377 y 0.320 m<sup>3</sup>/seg. respectivamente, que en promedio resulta 0.370 m<sup>3</sup>/seg.; y el caudal ecológico para la época de avenida correspondiente a los meses de Enero a Mayo y de Setiembre a Diciembre es 0.402, 0.521, 0.821, 0.508, 0.373, 0.438, 0.582, 0.538 y 0.461 m<sup>3</sup>/seg. respectivamente, que en promedio resulta 0.516 m<sup>3</sup>/seg.

**Gráfico N° 07: Caudal ecológico en épocas de avenida y de estiaje**



## 2.6.2. Determinación del Caudal Aguas abajo de la represa propiedad de Electro Oriente S.A.

Se realizó la determinación del caudal aguas abajo de la represa que es utilizada para la generación eléctrica por la empresa Electro Oriente S.A, con la finalidad de verificar si este tramo que comprende hasta su desembocadura en el río Mayo cumple con lo calculado de caudal ecológico general que fue estimado en  $0.370 \text{ m}^3/\text{seg.}$  en época de estiaje.



De los cálculos realizados y muestras tomadas se estimó que el caudal aguas abajo de la represa es de  $0.210 \text{ m}^3/\text{seg.}$  lo que indica que en esta época del año (Octubre de 2014) el caudal del río Gera no alcanza el caudal ecológico calculado de  $0.370 \text{ m}^3/\text{seg.}$  para la época de estiaje.

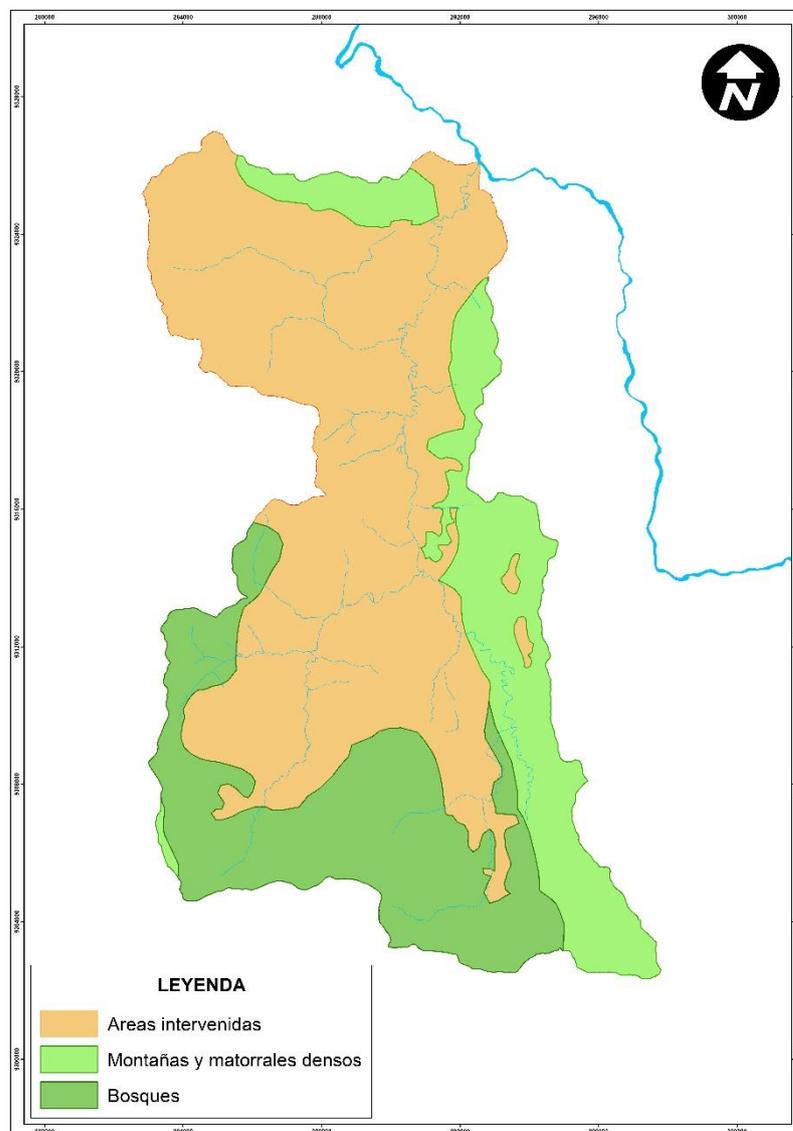
## 2.7. Rol de los Ecosistemas en la Hidrología de la Cuenca

El ecosistema que conforma la cuenca del río Gera son tres tipos de vegetación según la ZEE del Alto Mayo del 2007 que a continuación se describen:

CLASIFICACIÓN DE ECOSISTEMAS			ESTATUS ECOLÓGICO
Ecosistema	Superficie (Hás)	%	Clasificación de su Condición
Área intervenida (Suelo desnudo)	12,261.67	57.14	Bajo
Montañas y matorrales densos	4,083.81	19.03	Alto
Bosque	5,112.21	23.82	Alto
<b>Total</b>	<b>21,457.69</b>	<b>100</b>	

Fuente: Elaboración por Equipo de Trabajo, 2014.

**Mapa N° 02: Ecosistemas de la Cuenca del río Gera.**



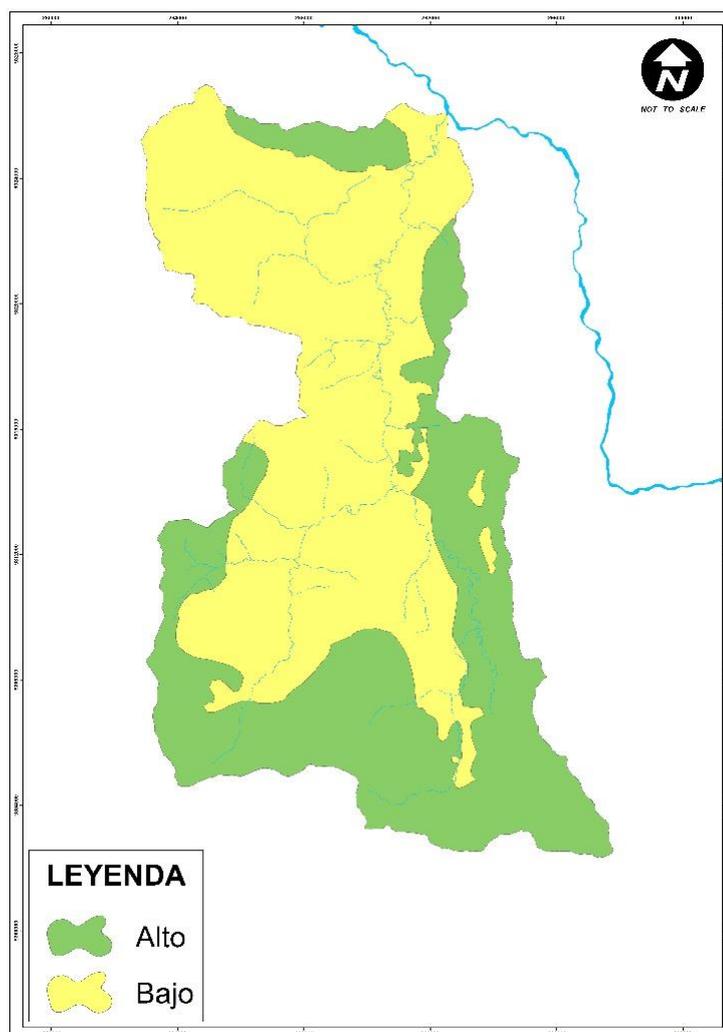
Del análisis de los datos podemos inferir que solo el 23.82 % del área que conforma la cuenca del río Gera, cubierta con cobertura boscosa, estaría favoreciendo a mantener la capacidad de infiltración y retención del agua a nivel del suelo producto de la precipitación que cae en la misma, permitiendo a su vez la conservación de los suelos en esta zona.

Sumado a ello el área conformada por Montañas que a nivel de vegetación presenta Matorrales, estarían favoreciendo a la mantención de la capacidad de infiltración en menor escala.

Pero el 57.14 % del área, se caracteriza por estar intervenido, en la cual los procesos de infiltración es mínima, y los suelos están expuestos al golpeteo de las gotas de agua de lluvia, aumentando el poder erosivo de las mismas.

En este contexto, lo que ocurre en la cuenca del río Gera, específicamente en las zonas intervenidas, ha ocurrido un proceso de deforestación acompañado de un cambio de uso del territorio (uso inadecuado y sobreuso), el cual no corresponde al uso potencial del suelo y no incluye las medidas necesarias e indicadas para la conservación de suelos y aguas

**Mapa N° 03: Estatus Ecológico de los Ecosistemas de la Cuenca del río Gera**



### III. ESTRATEGIA DE ACCION EN LA CUENCA

Las acciones a emprender en el ámbito geográfico de la cuenca del Gera, para regular la existencia del agua, radica en lo sgte:

El manejo de la biodiversidad relacionada con el mantenimiento del agua en el ecosistema y el agroecosistema ha estado y continúa estando entre los agricultores de sistemas agrícolas tradicionales por milenios. Actualmente este manejo se basa fundamentalmente en los conocimientos y tecnologías tradicionales y se complementa con tecnologías apropiadas contemporáneas

Dentro los cuales se pueden distinguir varias estrategias tecnológicas que contribuyen, en un ecosistema, a regular su proceso hídrico y, con ello, la existencia del agua en el ecosistema:

- Conservación de formaciones vegetales del entorno como captadoras de agua y conservadoras del suelo (bosques, pastizales, etc.)
- Conservación de especies vegetales cultivadas y silvestres retentoras de agua y conservadoras del suelo (por ejemplo: los cultivos de cobertura)
- Uso de cultivos tradicionales y variedades locales tolerantes a sequía
- Cambios de uso de la tierra.

En la siguiente tabla se presenta un conjunto de prácticas utilizadas por agricultores de sistemas agrícolas tradicionales de agroecosistemas de montaña andinos para garantizar la existencia del agua.

#### **Prácticas de manejo de la biodiversidad relacionadas con procesos del ciclo hidrológico utilizadas por agricultores de agroecosistemas de montaña andinos**

Contribución a las funciones hídricas del ecosistema	Prácticas de manejo de la biodiversidad	
	Tradicionales (1), (2)	Contemporáneas (3)
Captación del agua y retención de humedad del suelo	Protección y cuidado de bosques	Reforestación
Captación del agua	Protección de puquiales, bofedales y manantes	Cercado y creación de humedales: bofedales
Almacenamiento del agua	Reservorios hechos a base de champas de ichu ( <i>stipa ichu</i> ), en quebradas	Reservorios pequeños Canales de regadío
Captación del agua y retención de humedad del suelo	Huertos familiares	Agroforestería
Balance hídrico favorable durante sequías	Cultivo de variedades resistentes a la sequía	Introducción de especies resistentes a la sequía
Disminución de la evapotranspiración y aumento de capacidad retentora de humedad del suelo	Cultivo de variedades ahorradoras de agua	Cambio de monocultivos a policultivos

En el caso de la cuenca del Gera, la realidad no es distinta, para el caso de la captación del agua y retención de humedad en el suelo lo recomendable es una medida contemporánea de Reforestación.

Para la captación del agua y retención de humedad en el suelo, dada las características geomorfológicas del área una práctica recomendable es la implementación de sistemas agroforestales en las plantaciones de café.

Asimismo para favorecer el balance hídrico durante la época de estiaje, se plantea la siembra de pastos con potencial de retención de agua elevado entre ellos el Kudzu, centrosema, maní forrajero, desmodium Ovalifolium, Alfalfa Tropical, entre otros.

**Imagen 1: El Kudzu, leguminosa rastrera y trepadora.**



**Imagen 2: Centrosema, leguminosa tropical herbacea.**



Para asociar la actividad ganadera que se desarrolla en el ámbito de la cuenca del Gera, la estrategia que ayudara a garantizar una adecuada retención de agua en el suelo es la implementación de la Silvicultura, que es una opción de producción pecuaria que involucra

la presencia de las leñosas perennes (árboles y arbustos de múltiples usos como Leña, mango de herramientas, productora de látex y otras medicinales), e interactúan con los componentes tradicionales (Forraje herbáceo y animales).

**Imagen 3: Sistema Silvopastoril.**



#### IV. CONCLUSIONES

- La cantidad de agua que se produce en la cuenca del río Gera mensualmente es 1.82 m<sup>3</sup>/seg (caudal mínimo), 7.30 m<sup>3</sup>/seg (caudal máximo) y 4.49 m<sup>3</sup>/seg (caudal medio). Por tanto, estas cantidades son las ofertas o disponibilidad hídrica que ofrece la cuenca por cada mes.
- La cantidad de agua que se produce en la cuenca del río Gera anualmente en cada escenario (caudal mínimo, promedio y máximo) son: 21.84 m<sup>3</sup>/seg como caudal mínimo, 53.796 m<sup>3</sup>/seg como caudal medio y 62.028 m<sup>3</sup>/seg como caudal máximo.
- En general se evidencia que en la cuenca del río Gera, existe volumen de agua durante los 12 meses al año; además el período húmedo se registra entre los meses de Octubre a Diciembre prolongándose hasta Marzo, y el período seco (estiaje) entre los meses de Abril a Agosto. Asimismo, el caudal promedio mensual histórico varía desde 2.13 m<sup>3</sup>/seg (mes de Agosto) hasta 8.21 m<sup>3</sup>/seg (mes de Marzo). Se evidencia en este caso que durante el año la cuenca del río Gera permanece en 50% por debajo del caudal medio estimado que es de 4.49 m<sup>3</sup>/seg.
- Asimismo se ha determinado que históricamente, en el mes de marzo el caudal máximo mensual alcanza un valor de 14.70 m<sup>3</sup>/seg, y en el mes de Junio alcanza un caudal mínimo de 0.56 m<sup>3</sup>/seg. lo cual coincide con las épocas de avenida y estiaje respectivamente. Esta información nos hace ver que esta época en donde el caudal mínimo no alcanza a cubrir la demanda de agua que necesita la cuenca que fue estimado en 1.5 m<sup>3</sup>/seg.

- El tiempo de retorno de caudales o las posibilidades para que se obtenga un caudal mínimo de 3,823.77 lt/s en la cuenca del río Gera, es 90% probable para cualquier año. Asimismo, para un caudal máximo de 5,240.25 lt/s en la cuenca, es el 10% probable para cualquier año.
- La demanda promedio que existe en el distrito de Jepelacio es 1.5 m<sup>3</sup>/s, donde se incluye la demanda de la población, electricidad y uso agrícola. Además, la demanda futura (demanda proyectada) para 20 años (2034) es 2,331.62 m<sup>3</sup>/seg., calculado con una tasa de crecimiento de 2.23% (definido por el INEI para el distrito de Jepelacio).
- El balance hídrico calculado para los tres escenarios (caudales mínimos, medios y máximos) con la demanda total del distrito de Jepelacio, dio como resultado los valores de: 0.318 m<sup>3</sup>/seg (17.51%) , 2.99 m<sup>3</sup>/seg (61.75%) y 5.80 m<sup>3</sup>/seg (76.54%). Cada uno de estos valores son el caudal restante en el cauce del río Gera que se conoce como el caudal de excedencia.
- El caudal ecológico para la época de estiaje (15% del caudal medio) correspondiente a los meses de Junio, Julio y Agosto es en promedio es 0.370 m<sup>3</sup>/seg.; y el caudal ecológico para la época de avenida (10% del caudal medio) correspondiente a los meses de Enero a Mayo y de Setiembre a Diciembre es en promedio resulta 0.516 m<sup>3</sup>/seg. Por lo tanto, se puede consumir para épocas de lluvia el 90% de su caudal, y en épocas de verano se puede consumir el 85% de su caudal.
- De los cálculos realizados y muestras tomadas se estimó que el caudal aguas abajo de la represa es de 0.210 m<sup>3</sup>/seg. lo que indica que en esta época del año (Octubre de 2014) el caudal del río Gera no alcanza el caudal ecológico calculado de 0.370 m<sup>3</sup>/seg, para la época de estiaje.

## **V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- Atlas de Peligro en el Perú, Instituto Geofísico del Perú, 2003
- Carta Hidrogeológica del Perú, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú-INGEMMET, 2000
- Derechos y Conflictos de Agua en el Perú, Armando Guevara Gil, 2008
- Estudio de Hidrología, ZEE-OT, Alto Mayo, 2007
- Estrategia para el manejo integrado de los Recursos Hídricos en América Latina y el Caribe, 1968
- Gestión Ambiental de un Ecosistema Frágil, Soluciones Practicas ITDG,2010

# ANEXO FOTOGRAFICO

Foto 01: Medición Ancho del rio Gera



Foto 02: Lectura de Velocidad del rio Gera

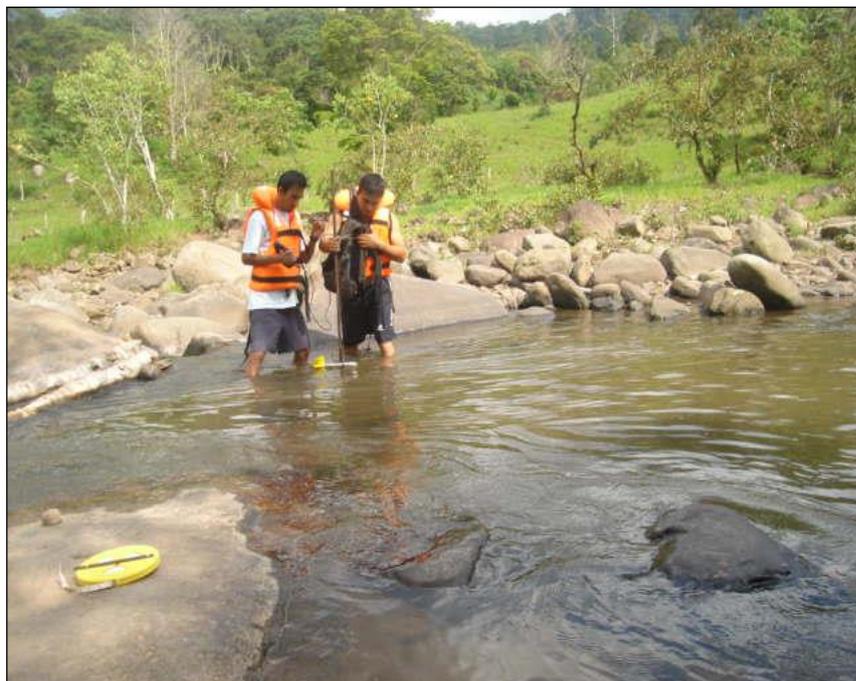


Foto 03: Características del cauce del río Gera, aguas abajo de la represa de agua



Foto 04: Dren principal del río Gera aguas abajo de la represa de agua

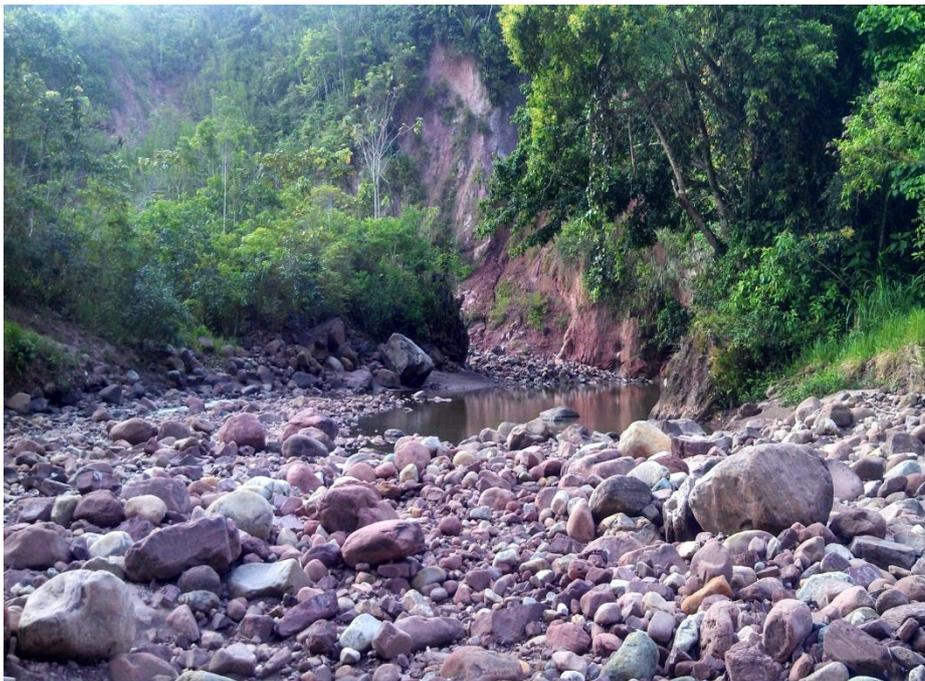


Foto 05: Dren principal del rio Gera aguas abajo de la represa de agua

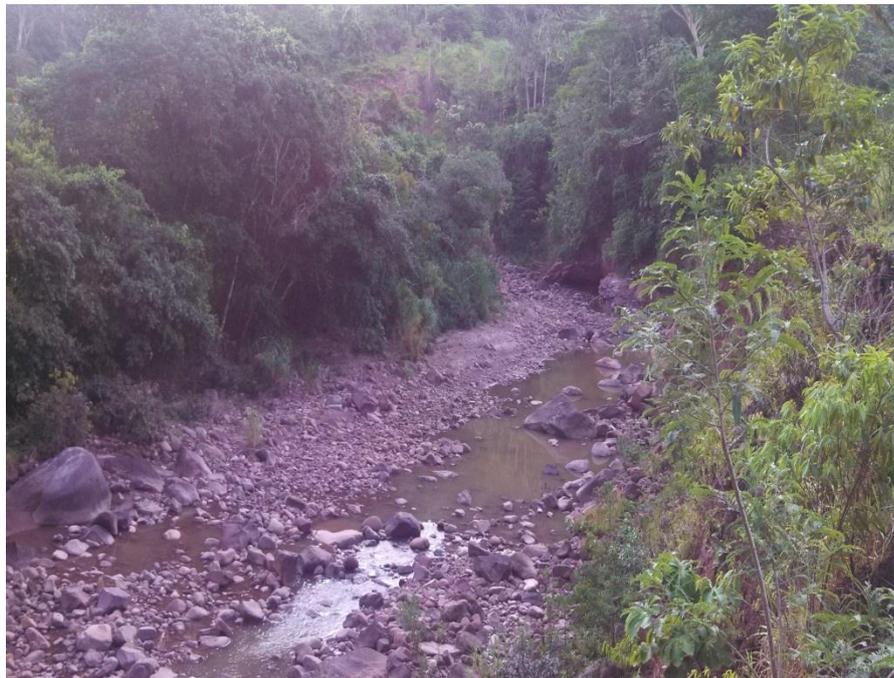


Foto 05: Medición de caudal aguas abajo de la represa de agua

