



# "PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE PARA LOS MUNICIPIOS DE BATALLAS, PUCARANI Y EL ALTO "

ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL (EEIAS)  
BO-T1158-SN3



## **SECCION 4**

### **CONDICIONES AMBIENTALES Y SOCIALES**



Centro Profesional Multidisciplinario

# PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE PARA LOS MUNICIPIOS DE BATALLAS, PUCARANI Y EL ALTO

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL (EEIAS)

### BO-T1158-SN3

## SECCION 4 CONDICIONES AMBIENTALES Y SOCIALES

### CONTENIDO

<b>4</b>	<b>CONDICIONES AMBIENTALES Y SOCIALES</b>	<b>2</b>
<b>4.1</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>2</b>
4.1.1	Enfoque de cambio climatico	2
4.1.2	Enfoque conceptual para fines de evaluacion	3
<b>4.2</b>	<b>DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO</b>	<b>5</b>
4.2.1	Macrolocalización (Departamento, Municipio)	5
4.2.2	Microlocalización (Dentro del Municipio)	9
4.2.3	Área de influencia directa e indirecta	13
4.2.4	Zona de intervención	13
4.2.5	Área de influencia directa	14
4.2.6	Área de influencia indirecta	17
4.2.7	Descripción de caminos de acceso	17
<b>4.3</b>	<b>DIAGNOSTICO MEDIO ABIÓTICO</b>	<b>18</b>
4.3.1	Geología	18
4.3.2	Meteorología	51
4.3.3	Hidrología	75
4.3.4	Hidrogeología	93
4.3.5	Caudal Ecológico	98
4.3.6	Rompimiento de la Presa	113
4.3.7	Caracterización de calidad de agua	114
4.3.8	Suelos	125
4.3.9	Calidad de aire	138
4.3.10	Residuos sólidos	140
<b>4.4</b>	<b>MEDIO BIÓTICO</b>	<b>141</b>
4.4.1	Flora y Vegetación	141
4.4.2	Caracterización de Bofedales	153
4.4.3	Vegetación en el área de influencia del ducto de agua potable El Alto	197
4.4.4	Fauna	201
4.4.5	Evaluación ambiental de humedales	229
<b>4.5</b>	<b>MEDIO SOCIOECONÓMICO</b>	<b>251</b>
4.5.1	Ambito Urbano – Municipio El Alto	251
4.5.2	Ambito rural – provincia Los Andes y Omasuyos	274

# PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE PARA LOS MUNICIPIOS DE BATALLAS, PUCARANI Y EL ALTO

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL (EEIAS)

### BO-T1158-SN3

### SECCION 4

## 4 CONDICIONES AMBIENTALES Y SOCIALES

### 4.1 INTRODUCCION

#### 4.1.1 Enfoque de cambio climatico

Al ser el agua un elemento fundamental sobre el cual se centra el proyecto, es necesario estudiar los efectos del cambio climático sobre la oferta natural de este recurso y la capacidad de respuesta de los demandantes.

Desde el punto de vista ambiental, se considera como demandantes a la población humana y a la población natural (vegetación y fauna silvestre, vegetación y fauna domestica), al igual que los procesos físicos resultantes (Ej. Evapotranspiración, recarga de acuíferos).

De igual forma “Adaptación al cambio climático” está definido por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) como:

*“Ajuste en los sistemas naturales o humanos como respuesta a estímulos climáticos actuales o esperados, o sus impactos, que reduce el daño causado y que potencia las oportunidades benéficas”.*

En este contexto, la falta de adaptación al cambio climático genera una serie de procesos negativos especialmente para las comunidades rurales, a manera de resume de estos procesos podemos citar los resultados obtenidos por SEMTA<sup>1</sup> (Castro et.al.) donde se indica lo siguiente:

- ✓ El problema principal corresponde a la “paulatina degradación de la base productiva de recursos naturales de los agroecosistemas por la creciente necesidad de alimentación y progresiva erosión de la cultura conservacionista de los campesinos”.

<sup>1</sup>SEMTA (2001), Juan José Castro G. et. al., “Sistematización de experiencias en gestión campesina de recursos naturales, agricultura y desarrollo rural sostenible”

- ✓ Una creciente erosión del suelo: causada fundamentalmente por la intensa precipitación concentrada en escasos meses, la ausencia de cobertura vegetal, la ausencia de materia orgánica en los suelos producto del escaso reciclaje y la inadecuada manera de hacer agricultura, producto de la presión de mercado.
- ✓ Una paulatina degradación de las praderas nativas: causada fundamentalmente por el sobrepastoreo que conduce a la pérdida de la variabilidad genética de las especies, pérdida del manejo de los campos de pastoreo por parte de los campesinos (mayor tasa de extracción que de reposición).

Es lógico pensar que el apoyo integral y la asistencia técnica para recuperar saberes de las comunidades rurales en relación a estos temas, genera un efecto positivo que mejora la capacidad de adaptación al cambio climático.

#### 4.1.2 Enfoque conceptual para fines de evaluación

En América Latina y el Caribe, la degradación de la base de recursos, obedece no sólo a la explotación excesiva a escala comercial, sino también, en grado considerable, al impacto que causan los agricultores que viven en un nivel de subsistencia.

Por lo que, es difícil evaluar y controlar los problemas ambientales que entrañan las economías de subsistencia. Esto pone de manifiesto la necesidad de considerar que la pobreza y la degradación del medio ambiente constituyen procesos ecológicos y sociales muy relacionados entre sí (Bucher E., 1997)<sup>2</sup>.

Para fines de respaldo conceptual al presente estudio, nos referiremos específicamente a la importancia de la planificación y ordenación de los recursos de tierras. Bajo los siguientes conceptos extractados de la Agenda 21 (1992)<sup>3</sup>:

- ✓ La Tierra se define como una entidad física, en términos de su topografía y naturaleza espacial si se adopta una visión integrada más amplia, incluye además los recursos naturales, los suelos, los minerales, el agua y la biota que comprende la tierra. Estos componentes están organizados en ecosistemas que proporcionan una variedad de servicios indispensables para mantener la integridad de los sistemas sustentadores de la vida y la capacidad productiva del medio ambiente.
- ✓ La Tierra es un recurso finito, mientras que los recursos naturales que sustenta pueden variar con el tiempo y según las condiciones de su ordenación y los usos que se les den. Las crecientes necesidades humanas y el aumento de las actividades económicas ejercen una presión cada vez mayor sobre los recursos de tierras, suscitan la competencia y los conflictos y llevan a un uso impropio de la Tierra y los recursos.

Los recursos terrestres se utilizan con una diversidad de fines interrelacionados que pueden competir entre sí; en consecuencia, conviene planear y ordenar todos los usos en forma integral. Esta integración debería hacerse a dos niveles, considerando:

<sup>2</sup>Bucher Enrique, CONSERVACIÓN DE ECOSISTEMAS DE AGUA DULCE: HACIA UNA ESTRATEGIA DE MANEJO INTEGRADO DE RECURSOS HÍDRICOS, Washington, D. C., Estados Unidos de Norteamérica, 1997, Banco Interamericano de Desarrollo, No. ENV-114.

<sup>3</sup> [www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/agenda21sptoc.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/agenda21sptoc.htm)

## PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE

---

- ✓ Por un lado, todos los factores ambientales, sociales y económicos (como, por ejemplo, las repercusiones de los diversos sectores económicos y sociales sobre el medio ambiente y los recursos naturales);
- ✓ Por otro, todos los componentes del medio ambiente y los recursos conjuntamente, es decir, el aire, el agua, la biota, la tierra, los recursos naturales y geológicos. La consideración integral facilita opciones y compensaciones adecuadas llevando a su máximo nivel la productividad y la utilización sostenibles.

El objetivo global, consiste en facilitar la dedicación de la Tierra a los usos que aseguren los mayores beneficios sostenibles y promover la transición a una ordenación sostenible e integral de los recursos de tierras. Al hacerlo deberían tenerse en cuenta los problemas ambientales, sociales y económicos.

Sobre todo, deberían tenerse presentes las zonas protegidas, el derecho a la propiedad privada, los derechos de las poblaciones indígenas y sus comunidades y otras comunidades locales y el papel económico de la mujer en la agricultura y en el desarrollo rural.

## 4.2 DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

### 4.2.1 Macrolocalización (Departamento, Municipio)

EL PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE PARA LOS MUNICIPIOS DE BATALLAS, PUCARANI Y EL ALTO cuenta con dos ámbitos claramente establecidos, Urbano y Rural, la macro localización urbana se refiere a la ciudad de El Alto, que tiene las siguientes características, el análisis de los datos se presenta en el punto relativo al Medio socioeconómico con la información del Censo 2012:

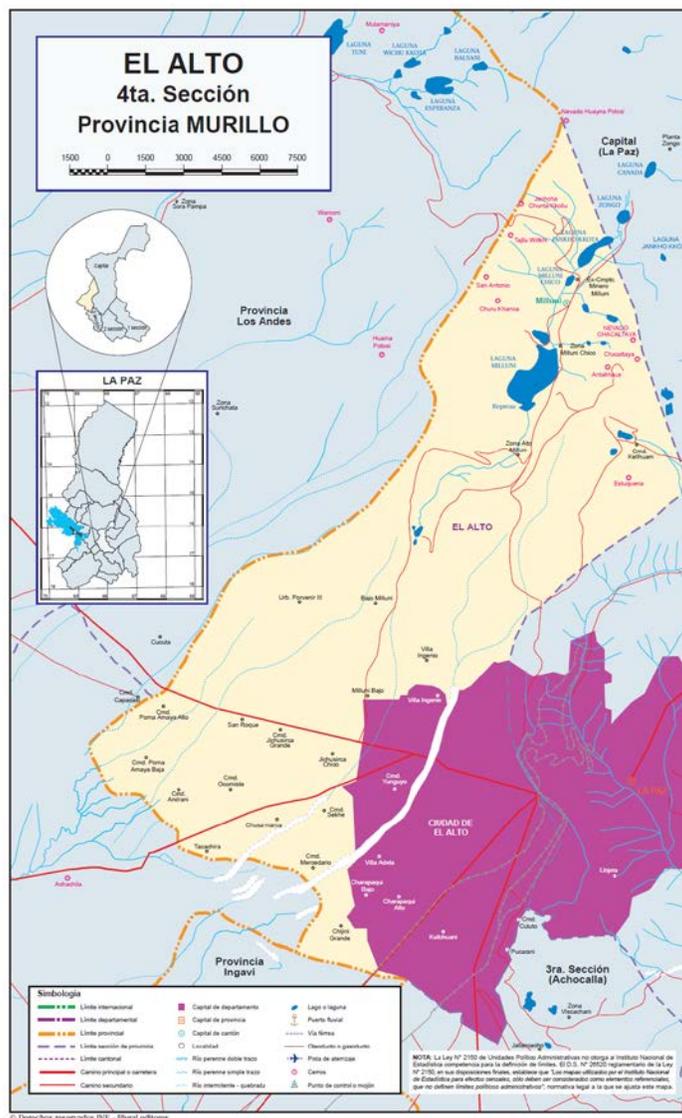


Figura 4.2-1 Ubicación Municipio de El Alto

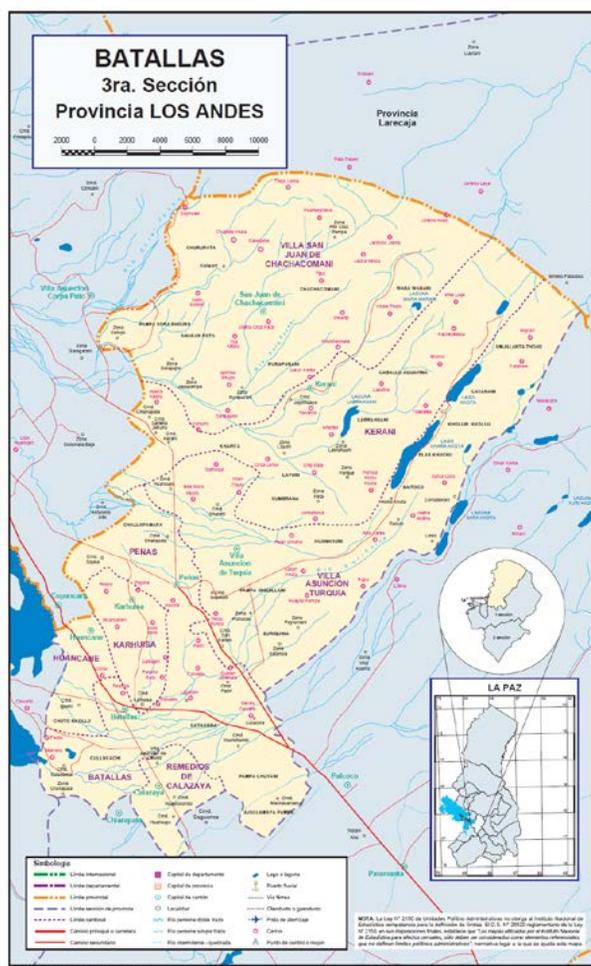
Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2001

**PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE**

Municipio	Sección Municipal	Provincia	Departamento		
El Alto	Cuarta	Murillo	La Paz		
<b>Población por Censos</b>	<b>1992</b>	<b>2001</b>	<b>Tasa Anual de crecimiento Intercensal 1992 -2001</b>	<b>2012</b>	Tasa de crecimiento intercensal 2001 - 2012
	405.492	649.958	5,10	843.934	2,3

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2001

De igual forma, en el ámbito Rural la macro localización abarca los Municipios de Batallas, Pucarani y Huarina, que presenta las siguientes características, el análisis de los datos se presenta en el punto relativo al Medio socioeconómico, considerando los resultados del Censo 2012:



**Figura 4.2-2 Ubicación Municipio de Batallas**

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2001

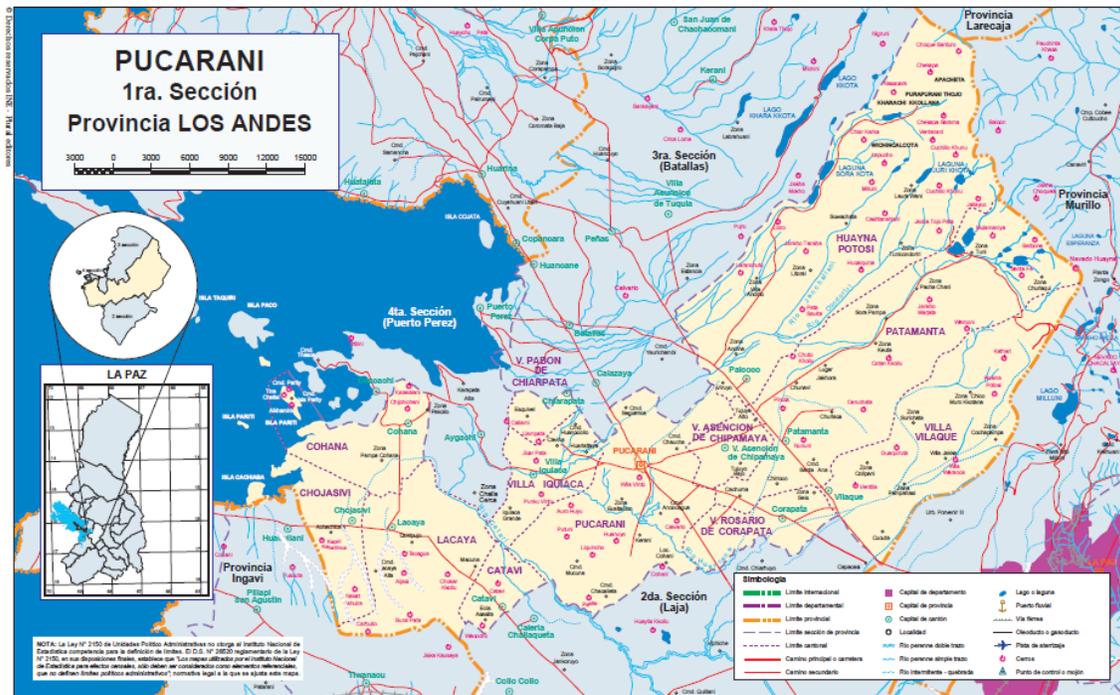


Figura 4.2-3 Ubicación Municipio de Pucarani

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2001

Provincia	Municipio	Población 1992	Población 2001	Tasa Anual de crecimiento intercensal 1992 - 2001	Población 2012	Tasa Anual de crecimiento intercensal 2001 - 2012
Los Andes	3ª Sección Batallas	17.147	18.693	0,93	17.284	-1,7
	1ª Sección Pucarani	22.799	26.802	1,75	29.594	1,7
Omasuyos	4ª Sección Huarina	---	8.329		8.375	0,1

Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2012



© Derechos reservados INE - Plural editores

Figura 4.2-4 Ubicación Municipio de Huarina

Fuente: Instituto Nacional de Estadística. 2001

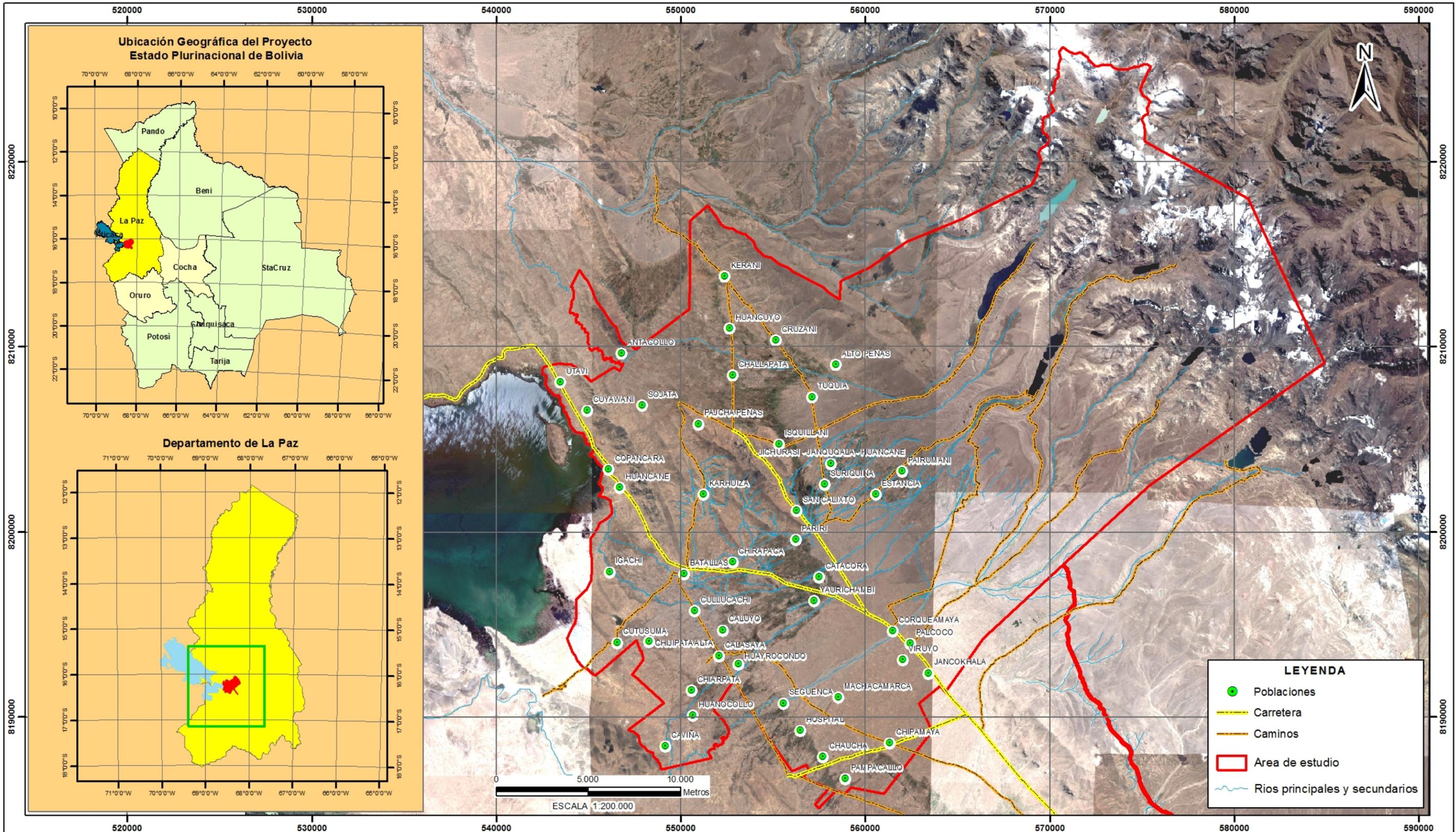
#### 4.2.2 Microlocalización (Dentro del Municipio)

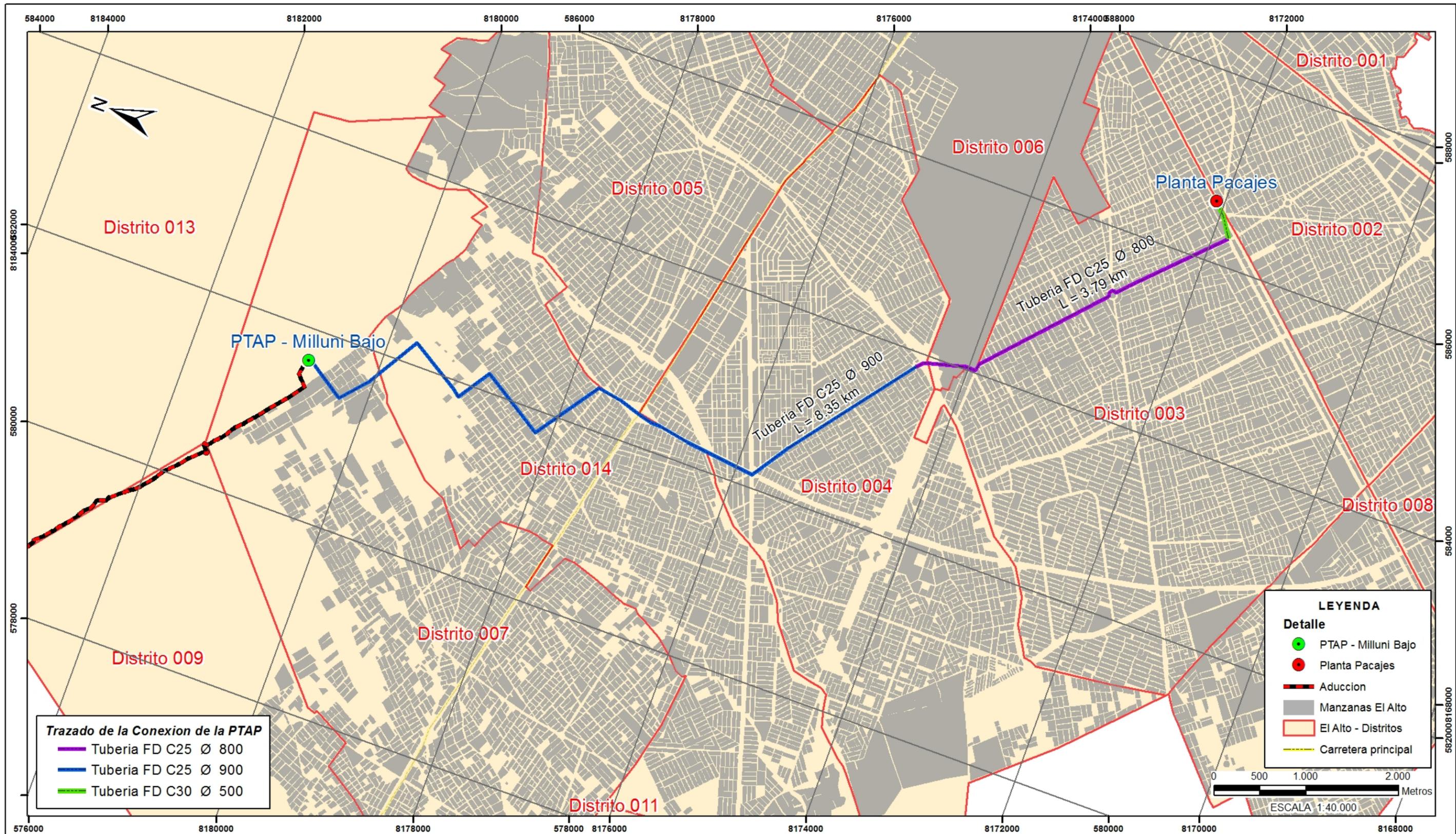
En el ámbito rural, el proyecto se micro localiza en relación al área de cobertura de cada una de las cuatro Asociaciones de Riego existentes que abarca un total de **86.786,64 Hectáreas**, sobre esta área se presentan los mapas temáticos elaborados para el presente estudio cuyo detalle se encuentran en el Mapa 1. Se aclara que el área de influencia directa se encuentra dentro de estos límites y se detalla en el punto 2.3 y los mapas respectivos se ubican en la sección 5 del EEIAS.

Para la micro localización en el caso del ámbito Urbano, se utiliza la información del Estudio de Identificación (IC-Rimac, 2013), que indica que el proyecto mejorará las condiciones de abastecimiento de agua potable a la “*mancha urbana de crecimiento oeste de la ciudad de El Alto*”, esto implica principalmente a los Distritos 7, 9 y 11. A continuación se presenta la ubicación extractada del Primer informe de avance del TESA (Prointec, 2013), en el Mapa 1.1 para mayor detalle.

A continuación, se presenta un mapa con la ubicación del proyecto en su ámbito rural (Mapa 1), elaborado por la empresa CPM, en base a la cartografía del INE y comunicación directa de los pobladores de la zona. Cabe resaltar que los límites entre los Municipios de Batallas y Pucarani se encuentran en actual conflicto, debido a que el Canton Huayna Potosí de Palcoco pertenecía originalmente al Municipio de Batallas y luego se anexó al Municipio de Pucarani.

El área ocupada por la Aducción del sistema de agua potable para la ciudad de El Alto, se encuentra en actual proceso de revisión por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, sin embargo para fines de ubicación se presenta a continuación el mapa 1.2 donde se identifica la ubicación de la aducción, extractada del Primer informe TESA (Prointec, 2014) y se observa que gran parte de la misma se encuentra en el ámbito rural de los Municipios de Pucarani y El Alto.





ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA  
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA



PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE PARA LOS MUNICIPIOS DE BATALLAS, PUCARANI Y EL ALTO

Ing. Oscar Calderón  
GERENTE DE ESTUDIO

Ing. Juan Carlos Arzabe M.  
ESPECIALISTA S.I.G.

**Fuente:**  
Rios y Caminos: Herbario Nacional  
Delimitación Area de Estudio: Elab. Propia  
Aducción: PROINTEC  
Interconexión: PROINTEC  
Poblaciones: Elab. Propia

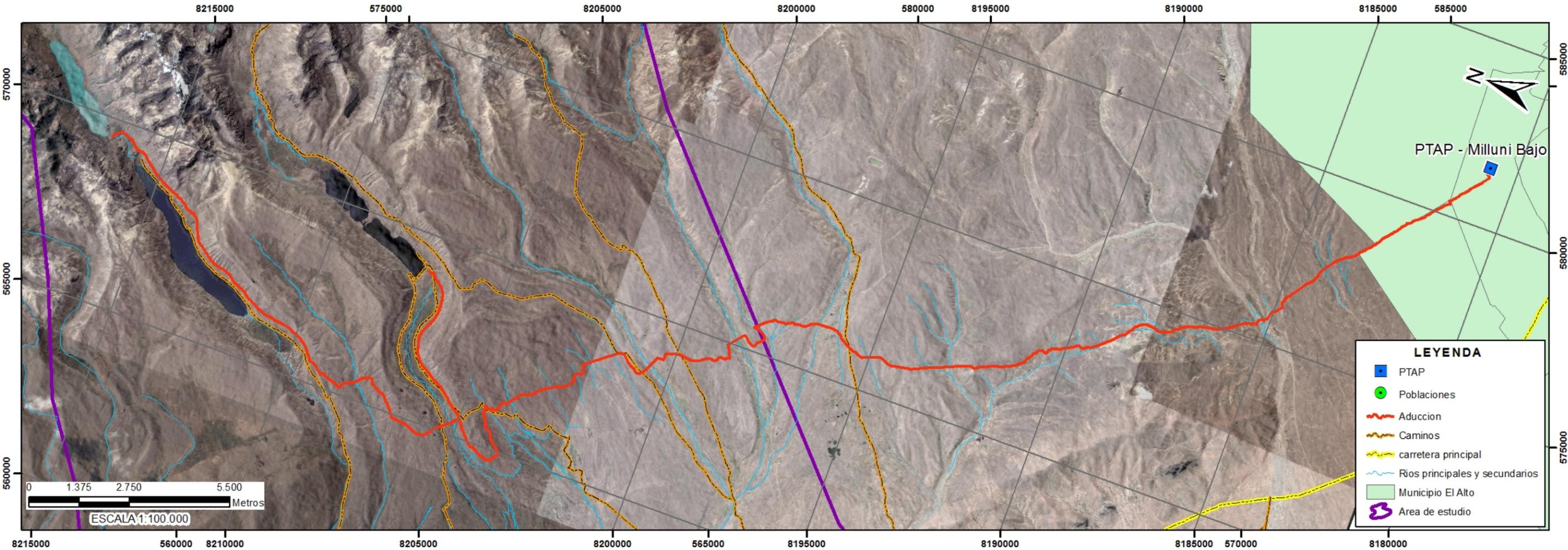
PROYECCIÓN UNIVERSAL DE MERCATOR DATUM: WGS-84, ZONA 19, HEMISFERIO SUR

FECHA: SEPTIEMBRE 2014

ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL (EIIAS)

INTERCONEXIÓN DE LA PTAP MILLUNI BAJO A LA RED EXISTENTE

MAPA No. 1.1



#### 4.2.3 Área de influencia directa e indirecta

Según el Decreto Supremo N° 28592 de 17 de enero de 2006, donde se complementan los Reglamentos de Gestión ambiental y de Prevención y Control Ambiental, para fines de comprender las áreas de influencia de un proyecto se tiene la siguiente definición:

- ✓ ZONA DE INTERVENCIÓN DE LA AOP: Áreas de ocupación física de la actividad, obra o proyecto.
- ✓ ZONA DE INFLUENCIA DE LA AOP: Áreas donde se evidencia la incidencia de los impactos directos o indirectos de la AOP<sup>4</sup>, en cada uno de los factores ambientales y en la suma de estos, en tal sentido pueden discriminarse zonas de influencia por factor o grupo de factores.

#### 4.2.4 Zona de intervención

De acuerdo a las características del proyecto definidas en el estudio TESA elaborado por la empresa Prointec (2014) las zonas de intervención son las ocupadas por las siguientes obras:

- ✓ Presa de KhotiaKhota (Embalse del río Jacha Jahuirá)
- ✓ Presa de Taypichaca (Embalse del río Linku)
- ✓ Bancos de materiales áridos
- ✓ Aducción para sistema de agua potable – Ciudad de El Alto
- ✓ Tramo Khotia Khota – Taypichaca
- ✓ Tramo Taypichaca – Linku Punku
- ✓ Tramo Linku Punku – Planta de tratamiento de agua potable (PTAP)
- ✓ Planta de tratamiento de agua potable (PTAP) y estanques de almacenamiento
- ✓ Interconexión a la red de agua potable existente (Ciudad de El Alto)

La zona de intervención de obras de agua para riego, corresponde a un revestimiento de canales, colocación de tuberías y sistemas de riego por aspersión, divididos en dos Sistemas denominados Jacha Jahuirá y Khullu Cachi, corresponde a las áreas de riego actual y potencial de los cuatro sistemas de riego existentes.

La zona de intervención de obras de agua potable donde los beneficiarios son las comunidades rurales, corresponde a trece comunidades del Municipio de Batallas.

El área de intervención del componente de Manejo Integral de Cuencas, corresponde a las cuencas altas de los ríos Jacha Jahuirá y Linku, sin embargo no se cuenta con el detalle de obras específico.

El componente de generación hidroeléctrica, establecido en Estudio de identificación (IC-Rimac, 2013), no forma parte de la presente evaluación.

A continuación se presenta la relación de áreas de intervención directa de las obras proyectadas, donde se indica el criterio para establecer la superficie afectada que suma un total de **538,29** Hectáreas.

Se aclara que dichas áreas de intervención, forman parte del área de influencia directa del proyecto.

<sup>4</sup>Actividad, Obra o Proyecto

**Tabla 4.2-1 Área de intervención de obras**

OBRA	UNIDAD	CANTIDAD	CRITERIO
Presa de Khotia Khota (Embalse del río Jacha Jahuira)	Hectáreas	30,06	Área de inundación con base a cota de inundación definida por Prointec en fecha 24 de febrero de 2014.
Presa de Taypichaca (Embalse del río Khullu Cachi)	Hectáreas	114,22	Área de inundación con base a cota de inundación definida por Prointec en fecha 24 de febrero de 2014.
Bancos de materiales áridos	Hectáreas	24,54	Área de bancos de préstamo de materiales aceptados para su explotación.
Aducción para sistema de agua potable – Ciudad de El Alto			
Tramo Khotia-Khota Linku Punku: longitud de 14,54 km	Hectáreas	29,08	Longitud de aducción por un ancho de franja de 20 metros considerando camino de acceso temporal paralelo a la tubería
Tramo Taypichada Linku Punku: longitud de 4,84 km	Hectáreas	9,68	
Tramo Linku Punku PTAP (San Roque): longitud de 36,90 km	Hectáreas	73,80	
Planta de tratamiento de agua potable (PTAP) y estanques de almacenamiento	Hectáreas	2,44	Superficie construida y franja de seguridad
Interconexión a la red de agua potable existente	Hectáreas	12,64	Longitud de interconexión por un ancho de franja de 10 metros por encontrarse en área urbana consolidada.
Sistema de Riego: 102,66 km de canales y 112,94 km de tuberías)	Hectáreas	215,6	Longitud de canales y tuberías por un ancho de franja de 10 metros por encontrarse en áreas de cultivo.
Sistema de Agua Potable para 13 comunidades rurales (52,46 km de tuberías)	Hectáreas	26,23	Longitud de interconexión por un ancho de franja de 5 metros por encontrarse en área poblada.
<b>Total (Hectareas)</b>		<b>538,29</b>	

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Primer informe TESA (Prointec, 2014)

#### 4.2.5 Área de influencia directa

El área de influencia directa se determina como resultante de los impactos que generen las obras indicadas previamente en el medio ambiente físico-biótico, socio-económico-cultural y político institucional.

En este sentido, al área de intervención directa de las obras estimada en **538,29** Hectáreas, se suma el área de cobertura de los diferentes componentes, que serán base para la correspondiente predicción de impactos.

El área de influencia directa para el componente riego corresponde al área de riego potencial de las comunidades regantes y se presenta en el siguiente cuadro detallado por asociación de riego.

**Tabla 4.2-2 Área de riego actual y solicitada**

<b>ASOCIACIÓN DE RIEGO</b>	<b>AREA DE RIEGO ACTUAL (HA)</b>	<b>AREA DE RIEGO POTENCIAL (HA)</b>
Tupac Katari	467,70	1.310,80
Kara Khota-Suriquina	440,60	1.415,00
Taypichaca - Suriquiña	483,20	1.074,70
Taypichaca - Palcoco	191,50	1.131,50
<b>Total</b>	<b>1.583,00</b>	<b>4.932,00</b>

Fuente: Diseño Conceptual de riego V.2, (Prointec, 2014)

Geográficamente CPM levanto el área de influencia directa del uso de agua de riego a través de la identificación del área de cobertura de los canales de riego existentes y según comunicación de los presidentes de las diferentes asociaciones de riego, aspecto que se presenta en los respectivos mapas temáticos.

El componente agua potable para comunidades rurales presenta una cobertura de 13 comunidades, cuya superficie es de **13.039,88 Hectáreas**, según el siguiente detalle:

**Tabla 4.2-3 Área 13 comunidades beneficiadas con sistema de agua potable**

<b>COMUNIDAD</b>	<b>COORDENADAS UTM WGS 84 (19 K)</b>		<b>SUPERFICIE COMUNIDAD</b>
	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Hectáreas</b>
Kullu Cachi	550,702	8,195,807	567,86
Caluyo	552,271	8,194,736	403,00
Calasaya	552,157	8,193,304	731,65
Huayrocondo	553,084	8,192,940	762,61
Chijipata Alta	548,866	8,193,519	187,81
Chijipata Baja	547,124	8,193,263	230,41
Cutusuma	546,525	8,194,048	552,58
Igachi	548,271	8,196,328	2.178,57
Huancané	546,805	8,202,426	749,33
Yaurichambi	557,12	8,196,417	2.035,63
Catacora	557,328	8,197,227	1.590,93
Chirapaca	553,232	8,198,221	1.825,63
Pariri	556,222	8,199,483	1.223,87
<b>Total (Ha)</b>			<b>13.039,88</b>

Fuente: Elaboración propia en base a medición cartográfica (CPM, 2014)

Sin embargo, no se tiene definido el área de cobertura de dicho componente, por lo que el área indicada es referencial.

El componente manejo integral de cuencas, tiene un área de cobertura referencial de **15.339,32** Hectáreas según el siguiente detalle, aclarando que no se cuenta con la ubicación específica de las obras:

**Tabla 4.2-4 Área de cuencas altas**

CUENCAS ALTAS	AREA DE LA CUENCA (HA)
Cuenca Khotia Khota	4.466,36
Cuenca Linku	8.345,21
Cuenca Khara Khota	1.678,23
Cuenca Linku Punku	849,52
<b>Total</b>	<b>15.339,32</b>

Fuente: Elaboración propia en base a medición cartografica (CPM, 2013)

De igual forma, se tiene establecido que el área de cobertura de provisión de agua potable en la Ciudad de El Alto con el presente proyecto, abastecerá a los distritos 4, 5, 7, 9 y 14, por lo que corresponde la siguiente área de influencia directa:

**Tabla 4.2-5 Área por distritos – Municipio de El Alto**

DISTRITO	AREA (Ha.)
DISTRITO 4	832,90
DISTRITO 5	13.541,30
DISTRITO 7	1.200,00
DISTRITO 9	1.843,80
DISTRITO 14	2.688,00
<b>TOTAL</b>	<b>20.106,00</b>

Fuente: GAMEA – INE (2013)

En este sentido, el área de influencia directa del proyecto multipropósito es de **53.955,49 Hectáreas** considerando todos sus componentes:

**Tabla 4.2-6 Área de influencia directa Proyecto Multiproposito**

COMPONENTE	SUPERFICIE (HA)
Área de intervención	538,29
Área de influencia Componente riego	4.932,00
Área de influencia Componente Agua potable 13 comunidades	13.039,88
Área de influencia Componente MIC	15.339,32
Área de influencia Componente Agua potable El Alto	20.106,00
<b>Total</b>	<b>53.955,49</b>

Fuente: Elaboración propia (CPM, 2014)

#### 4.2.6 Área de influencia indirecta

Los impactos indirectos, están definidos como aquellos que se generan a partir de la interacción, acumulación y sinergia de impactos directos y como consecuencia de su evolución físico-química y biológica.

En este sentido, el área corresponderá a un estadio intermedio entre el área de influencia directa y el área de micro localización del proyecto en sus ámbitos urbano y rural.

Los respectivos mapas de áreas de influencia directa e indirecta se presentan con el capítulo de predicción de impactos (Sección 5), ya que dependen de un análisis individual por impacto.

#### 4.2.7 Descripción de caminos de acceso

La principal vía de acceso a la zona de proyecto en su ámbito urbano y rural es la Carretera asfaltada La Paz – Copacabana que corresponde a la Red Fundamental F-2. Las localidades de HuaynaPotosi de Palcoco y Batallas se encuentran sobre esta carretera que cuenta con todos los elementos de circulación vial y requerimientos de drenaje y señalización necesarios.

Para acceder a las comunidades del ámbito de microlocalización rural, se tiene una red de caminos de tierra en regular estado de conservación, con escasos sistemas de drenaje ausencia de señalización vial y se tiene cobertura de ripio en algunos tramos.

Para acceder a las cuencas altas donde se encuentran las ubicaciones de los embalses se tienen cuatro caminos de tierra en mal estado de conservación, de ancho variable y sin evidencias de mantenimiento periódico. Se tiene referencia de que existe un proyecto de mejoramiento del camino que llega a la presa de Khara Khota y laguna de Kotia Khota, a cargo de la Gobernación del Departamento de La Paz, debido a que este camino vincula a la Provincia Larecaja.

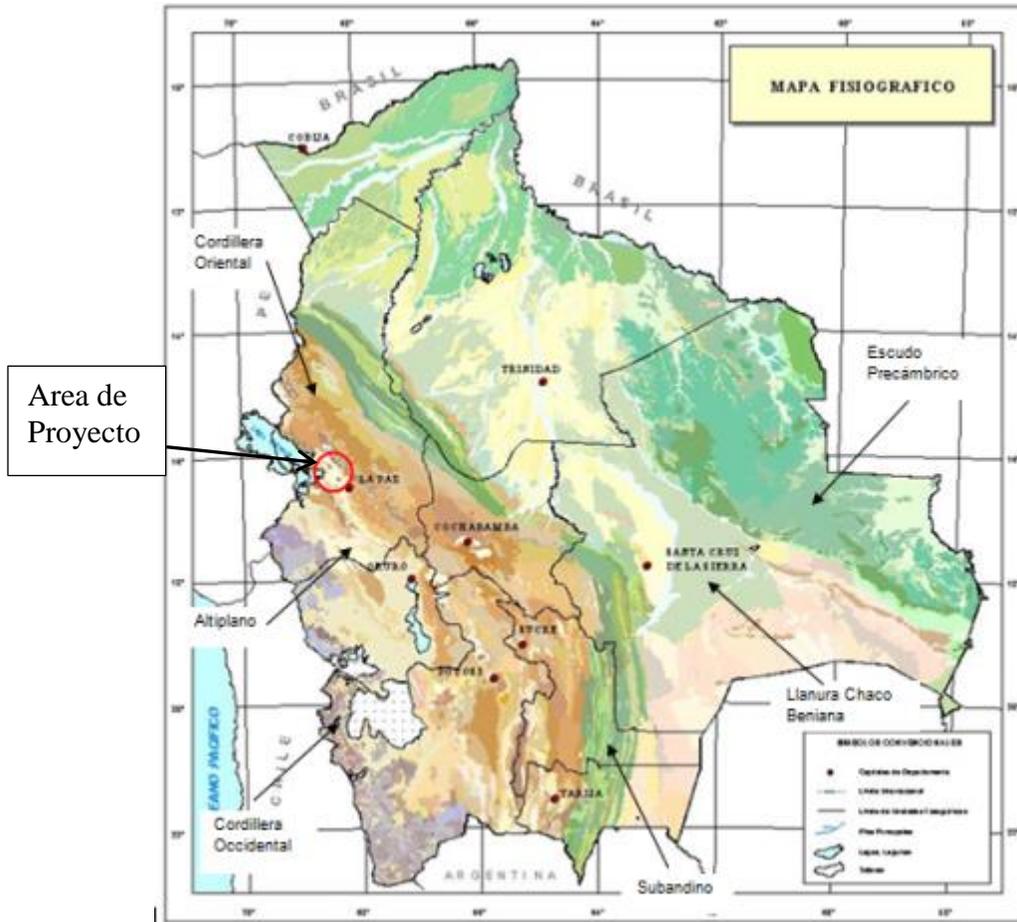
En todos los mapas temáticos presentados se indican los caminos de acceso descritos.

## 4.3 DIAGNOSTICO MEDIO ABIÓTICO

### 4.3.1 Geología

#### 4.3.1.1 Fisiografía

Regionalmente el territorio boliviano se divide en varias unidades fisiográficas o morfoestructurales que se indican en el siguiente mapa:



**Figura 4.3-1 Fisiografía de Bolivia**

Fuente: Unidad de Ordenamiento Territorial – MDSP, 2002

El Proyecto se encuentra en el Flanco Oeste de la Cordillera Oriental, zonalmente denominada Cordillera Real o Cordillera de La Paz, donde se encuentran los principales nevados entre el Hanco huma y el Illimani.

Topográficamente las zonas de ubicación de las presas corresponden a valles profundos de origen glacial con perfiles en “U”, con altas gradientes de los flancos laterales.

Los sitios de las Presas en los lagos Khotia Khota y Taypichaca se encuentran aproximadamente a una altura de 4.300 msnm y el canal de aducción desciende por laderas inferiores de la Cordillera hasta una altura de 4.050 msnm cerca de las zonas de Alto San Roque, donde se proyecta levantar la Planta de Tratamiento.

La descripción detallada de la fisiografía del área de influencia del proyecto se presenta en el punto 3.1.6 (Características de los suelos por unidad fisiográfica)

El desarrollo de los conductos de agua para la ciudad de El Alto y aprovechamiento de riego zonal se desarrolla ya en terrenos de laderas inferiores de la Cordillera y zonas subhorizontales del Altiplano.

#### **4.3.1.2 Geomorfología**

La región del Proyecto corresponde una morfología típica de acción glacial con fuerte erosión en las cúspides mayores a 60 %, y formas onduladas en las laderas inferiores de suave gradiente con 5 a 30% hasta las planicies subhorizontales del Altiplano.

Esta morfología queda ilustrada en el mapa adjunto de pendientes.

Los proyectos de presas se encuentran ubicados en valles de origen glacial y la topografía es un resultado de la época fría del tiempo Pleistocénico con una antigüedad de 1.65 millones de años.

En general la zona montañosa presente una Geomorfología de Tipo Juvenil, con terrenos abruptos y ríos de alta gradiente, la elevación de las cuencas varía entre los 4.650 y 4.200 msnm.

Los valle de origen glacial presentan perfiles en “U” con laderas subverticales, aunque en partes se han acumulado depósitos Coluviales por la acción de la gravedad y fluvial, presentando laderas con cierta inclinación o gradientes de diferentes grados.

Zonas inferiores de los valles presentan terrenos subhorizontales, al presente con humedales o bofedales.

Las zonas inferiores de laderas de la Cordillera, presenta terrenos de cierta inclinación correspondientes a “Glacis” o acumulaciones detríticas de origen glacial o también denominadas zonas de piedemonte.

Las zonas inferiores corresponden al típico altiplano con superficies horizontales con una elevación promedio de 3.950 msnm.

Una imagen satelital da una visión general de la región del Proyecto donde se ubicarán las presas.



**Figura 4.3-2 Ubicación de lagos**

Fuente: Elaboración propia en base a imagen Google Earth

#### 4.3.1.3 Geología regional del area del proyecto

El área del Proyecto incluye parte del flanco de la Cordillera Oriental donde se encuentra mayormente la zona de intervención y el Altiplano hasta los bordes del Lago Titicaca corresponden a la zona de influencia directa donde se encuentran las zonas de aprovechamiento de aguas para uso doméstico y en agricultura.

En el Mapa adjunto (Mapa G1) se encuentran diferenciadas las Unidades Estratigráficas que han sido tomadas de mapas publicados por SERGEOTECMIN en las Hojas Escala 1:100.000 denominadas Milluni, Achacachi, Tihuanacu y La Paz.

Geológicamente en la región afloran rocas de las Eras Geológicas Paleozoico, Mesozoico y Terciario y los territorios inferiores están cubiertos por acumulaciones detríticas del Sistema Cuaternario que son de origen Glacial, Aluvial y Lacustre.

De acuerdo al mapa adjunto se dan descripciones cortas sobre las diferentes unidades estratigráficas de acuerdo a su edad y nominación conocida.

##### ERA PALEOZOICA - SISTEMA ORDOVICICO:

Corresponde a rocas de la Formación Amutara, constituida por areniscas cuarcíticas y cuarcitas que afloran en la parte alta de la Cordillera.

##### ERA PALEOZOICA – SISTEMA SILURICO

En los valles de origen glacial y límite inferior de los lagos Khotia Khota y Janko Khota afloran rocas de las Formaciones Cancañiri y Uncia, la primera constituida por una roca diamictítica y las segundas por pizarras y esquistos. La Formación Catavi se encuentra en menor extensión en algunas estructuras.

#### ERA PALEOZOICA – SISTEMA DEVONICO

En varias colinas aisladas del Altiplano donde se encuentran rocas de la Formación Belén principalmente constituida por lutitas de color gris oscuro. En el extremo inferior de la zona se encuentran las Formaciones Sica Sica y Vila Vila.

#### ERA PALEOZOICA – SISTEMA PERMICO

En menor extensión en las colinas de Yaurichambi afloran rocas de esta edad constituidas por calizas grises y amarillentas.

#### ERA MESOZOICA – SISTEMA TRIASICO

En la parte alta y central de la Cordillera aflora parte del Batolito de Huayna Potosí constituida por una roca granítica, que mayormente fue la causante del solevantamiento de la Cordillera.

#### ERA CENOZOICA – SISTEMA Terciario

Es notable y sobresale en el paisaje altiplánico, el cerro de Peñas, donde afloran areniscas y conglomerados de la Formación Peñas.

Más al Sur se observa en el mapa otros afloramientos de esta unidad de mayor extensión. Otras rocas de esta edad corresponden a la Formación Cachilaya y constituida por sedimentos continentales de arenas y conglomerados.

#### ERA CENOZOICA – SISTEMA CUATERNARIO

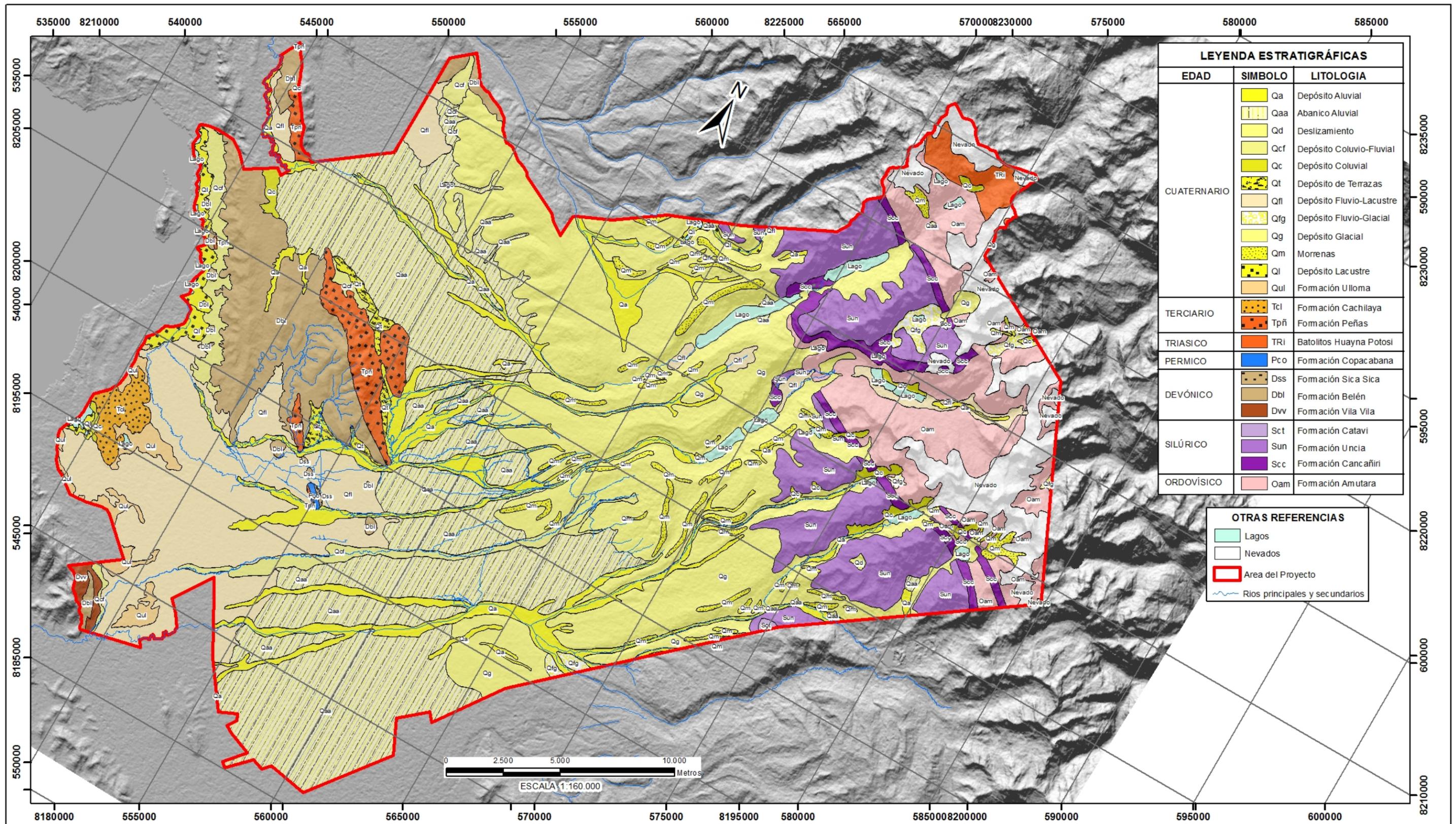
Gran parte de las laderas inferiores de la Cordillera y en general el Altiplano se encuentran cubiertos por acumulaciones detríticas producto de la erosión de rocas de la cordillera por la acción glacial de los tiempos Pleistoceno, Holoceno y Reciente, dejaron gran cantidad de morrenas y glaciares en las laderas de la Cordillera. En combinación con la acción fluvial se formaron los depósitos fluvioglaciales.

Posteriormente a la formación de la Cuenca Altiplánica se creó un Lago de mayor extensión y altura que el actual depositando material fino y conformando las planicies adyacentes al lago actual y otros depósitos de un nivel antiguo como son las terrazas de origen lacustres.

La acción mecánica de los flujos de aguas provenientes de los glaciares, creó una fuerte acción erosiva y depositó grandes cantidades de gravas y arenas en lechos de ríos y también abanicos aluviales en ciertos cambios de nivel de los cursos de agua. Otros depósitos diferenciados son los depósitos coluviales y coluvio fluviales.

Geomorfológicamente la zona de la presa se localiza en los valles altos de la Cordillera y el trazo del canal de aducción en las laderas inferiores de esta unidad fisiográfica.

Las zonas de riego y desarrollo agrícola se encuentran en el Altiplano e igualmente la zona poblada de la ciudad de El Alto.



### 4.3.1.4 Geología de los puntos de presas y aducción

En este capítulo se describirán las diferentes unidades “Litoestratigráficas” presentes en la zona, en orden cronológico de las formaciones, como de los diferentes depósitos detríticos, su constitución litológica, geomorfología de acuerdo a sus formas superficiales y las aptitudes geotécnicas de estas unidades, en la siguiente tabla se resumen las Unidades Estratigráficas diferenciadas, en toda el área de estudio.

**Tabla 4.3-1 Unidades Estratigráficas**

EDAD ERA Y PERIODO	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	SIMBOLO	LITOLOGIA	APTITUD GEOTECNICA
<b>CUATERNARIO</b>				
HOLOCENO A RECIENTE	Abanico Aluvial	Qaa	Arenas y gravas	Mala
	Depósitos Humedales o Bofedaless	Qh	Arenas y Limos de antiguos lagos	Mala por su alta humedad y flujo de aguas-
PLEISTOCENO	Depósito Aluviales o Fluviales	Qal	Cantos rodados, gravas y arenas del lecho del rio	Regular
	Depósitos Coluviales	Qcol	Guijos y gravas de cantos angulosos	Mala por ser depósito en taludes
	Depositosfluvioglaciales	Qfg	Arenas y gravas con zona de humedales	Regular con precaución en los humedales
	Depósitos Coluvio Glaciales	Qcg	Clastos y gravas, acumulados el pie de taludes.	Malos por ser depósitos en taludes.
	Depósitos Glaciales de Pie de Monte con Desarrollo Agrícola	Qgpm	Bloques de rocas cantos y gravas con limos arcillosos y sembrados agrícolas	Buena
	Depósitos Glaciales de pie de Monte	Qgpm	Bloques de rocas cantos y gravas con limos arcillosos	Buena
	Morrenas Laterales	Qml	Bloques de rocas, cantos y gravas con cemento limo arcilloso	Bueno para emplazamiento del canal
	Morrena Frontal o Terminal	Qmt	Bloques de rocas con contos y gravas	Buena
<b>PALEOZOICO</b>				
SISTEMA DEVONICO	Formación Belén	Dbe	Lutitas de color gris oscuro	Buena
SISTEMA SILURICO	Formación Uncía	Sun	Pizarras y Esquistos de color gris oscuro a negro-	Buen soporte para parte del canal y presa-
	Formación Cancañiri	SCC	Diamictitametamorfizada.	Buena roca para emplazar la presa-
SISTEMA ORDOVICICO	Formación Amutara	Oam	Cuarcitas y areniscas metamórficas color gris.	Buena rocs para emplazar la presa

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se darán descripciones cortas de su ubicación y litología de estas unidades, empezando de la más antigua.

## **ERA PALEOZOICA – SISTEMA ORDOVICO**

### *FORMACIÓN AMUTARA*

Corresponde a una serie de cuarcitas y areniscas cuarcíticas aflorantes en la parte terminal del Lago Khotia Khota y también en la zona alta del lago Janko Khota en contacto con la roca ígnea plutónica granodiorítica de la Cordillera.

## **ERA PALEOZOICA - SISTEMA SILURICO**

### *FORMACIÓN CANCAÑIRI*

De acuerdo a mapas geológicos de SERGEOTECMIN aflora esta unidad en la parte alta del valle y corresponde a un horizonte de poco espesor, de una roca diamictítica, semejante a una limolita con clastos de roca y granos de cuarzo lechozo, la misma que se reconoció cerca del punto emplazamiento de la presa de Khotia Khota. En la zona presenta un alto endurecimiento por efectos de un metamorfismo de contacto.

### *FORMACION UNCIA*

Es la unidad más difundida en la zona y se presenta como lutitas, pizarras o esquistos de color negruzco.

## **ERA PALEOZOICA – SISTEMA DEVONICO**

### *FORMACION BELEN*

Constituida por lutitas de color gris negruzco, aflorando en pequeña extensión en las zonas inferiores del trazo del canal.

## **ERA CENOZOICA - SISTEMA CUATERNARIO**

### DEPOSITOS GLACIALES

#### PIE DE MONTE

Depósitos de bloques, cantos, gravas y limos de formas con poca gradiente, ubicados en la parte inferior de las laderas.

#### PIE DE MONTE CON DESARROLLO AGRICOLA

Depósitos de bloques, cantos, gravas y limos de formas con poca gradiente, ubicados en la parte inferior de las laderas. Superficialmente con trabajos agrícolas donde cambia el tipo de suelo.

#### MORRENAS LATERALES

Corresponde a acumulaciones bloques de rocas, cantos, gravas y cierto cemento limoso que hace al depósito de poca permeabilidad.

Estos depósitos se encuentran en las partes adyacentes laterales a los lagos subglaciales y valles de origen glacial.

#### MORRENAS FRONTALES O TERMINALES

En la parte inferior o terminal de varios lagos se encuentran morrenas de forma semicircular que constituía el dique original de los lagos y que por efectos de erosión formó un conducto natural de desagüe y al presente se utiliza como el eje de presa.

Su composición es similar al de las Morrenas Laterales

#### DEPOSITOS COLUVIALES

Al pie de los taludes se acumulan materiales rocosos disgregados por la acción de la gravedad y de aguas de lluvia.

Estos depósitos contienen bloques de rocas, cantos y gravas de clastos de forma angulosa, provenientes generalmente de los afloramientos rocosos de las alturas.

#### HUMEDALES O BOFEDALES

En las partes inferiores de los valles de origen glacial se encuentran planicies subhorizontales que corresponde a antiguos lagos desecados y al presente con mucha humedad y caracterizado por una cubierta vegetal de pastos y ciertos arbustos, donde se pastean los rebaños de ovejas y llamas criados en la zona.

#### DEPOSITOS ALUVIALES

Corresponden a los lechos de ríos, compuestos por cantos de roca, gravas y arenas por donde corren aguas superficiales.

#### 4.3.1.5 Cuenca del lago Khotia Khota

Este lago se encuentra sobre el camino a Mina Fabulosa. Aproximadamente a 68 Km de la ciudad de El Alto.

Este lago se ubica por encima del Lago Khara Khota a 4.400 msnm aproximadamente, con un rumbo N 40° E y las aguas fluyen con una dirección al SO a la cuenca del Lago Titicaca.

#### ASPECTOS GEOLOGICOS

Esta cuenca corresponde a un valle de origen glacial, elongado y con un cierre en su parte terminal inferior con afloramientos rocosos de edad Paleozoica y notablemente metamorfizados por su contacto en profundidad con las intrusiones plutónicas de granodiorita de la Cordillera Real. Por esta razón es que estas rocas presentan una alta dureza (Ver Mapa 2.1).

Cerca al eje de presa proyectado se determinó la existencia de la Formación Cancañiri de edad silúrica, constituido por una roca diamictítica, caracterizada por su contenido de

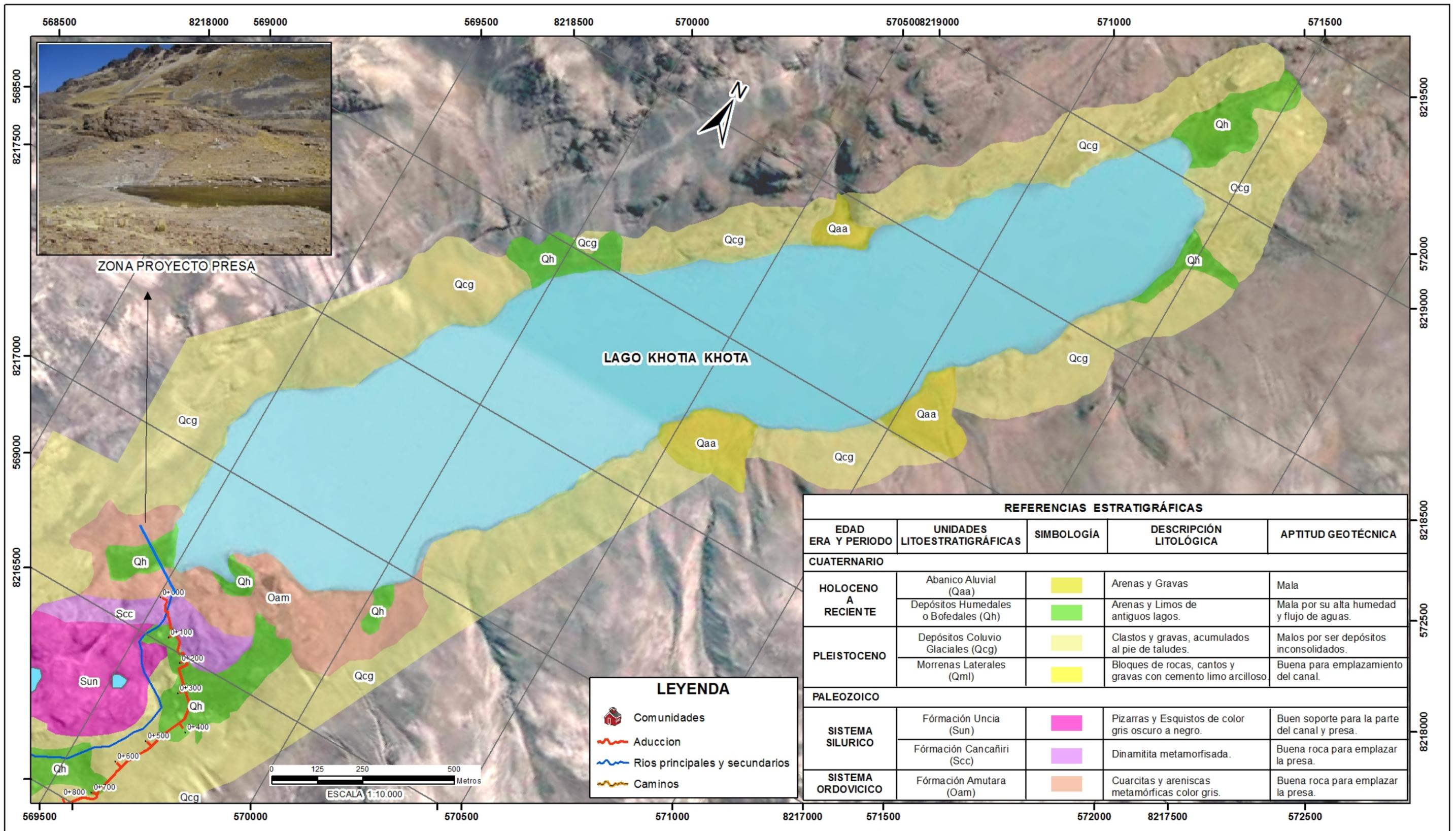
clastos de roca angulosos. Por debajo de dicha unidad se encuentran rocas de tipo areniscas cuarcíticas y esquistos de la Formación Amutara de edad Ordovícica.

Algo más abajo del valle afloran pizarras y esquistos de coloración negruzca de la Formación Uncía de edad silúrica.

### **GEOTECNIA**

El eje de presa se ubica con un rumbo aproximado NS y siguiendo el rumbo de los estratos ordovícicos. Con un buzamiento subvertical (ver Fotografías 4.3-1 y 4.3-2)

Las rocas presentan buena compactación y hace que la permeabilidad sea bastante baja, de todas maneras esta característica dará el grupo de perforación a diamantina.



REFERENCIAS ESTRATIGRÁFICAS				
EDAD ERA Y PERIODO	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	APTITUD GEOTÉCNICA
<b>CUATERNARIO</b>				
<b>HOLOCENO A RECIENTE</b>	Abanico Aluvial (Qaa)		Arenas y Gravas	Mala
	Depósitos Humedales o Bofedales (Qh)		Arenas y Limos de antiguos lagos.	Mala por su alta humedad y flujo de aguas.
<b>PLEISTOCENO</b>	Depósitos Coluvio Glaciales (Qcg)		Clastos y gravas, acumulados al pie de taludes.	Malos por ser depósitos inconsolidados.
	Morrenas Laterales (Qml)		Bloques de rocas, cantos y gravas con cemento limo arcilloso	Buena para emplazamiento del canal.
<b>PALEOZOICO</b>				
<b>SISTEMA SILURICO</b>	Fórmación Uncia (Sun)		Pizarras y Esquistos de color gris oscuro a negro.	Buen soporte para la parte del canal y presa.
	Fórmación Cancañiri (Scg)		Dinamita metamorfoisada.	Buena roca para emplazar la presa.
<b>SISTEMA ORDOVICICO</b>	Fórmación Amutara (Oam)		Cuarzitas y areniscas metamórficas color gris.	Buena roca para emplazar la presa.

**LEYENDA**

- Comunidades
- Aduccion
- Rios principales y secundarios
- Caminos

Al momento de la visita la operación de Perforación se encuentra en sus inicios por la Empresa EMPERBOL, y el tipo de broca empleado es HG con un diámetro aproximado de 12 cm (ver Fotografía 4.3-3)



Fot. 4.3-1 Eje de presa en ladera Oeste



Fot. 4.3-2 Flanco Este



Fot. 4.3-3 Boca de pozo

El hecho de tomar como base o emplazamiento un afloramiento rocoso, es que se puede afirmar que la estabilidad de la presa “A priori” será de alta estabilidad.

#### 4.3.1.6 Mejoramiento presa de Khara Khota

El lago de KharaKhota se encuentra aproximadamente a 60 Km de El Alto y su ingreso es por el camino a la población de Peñas y el desvío de Suriquiña hacia el Este.

Es un lago de aproximadamente 5 Km de largo y un ancho de 150 m. Su elevación es de 4.300 msnm, algo más baja del lago Khotia Khota.

Cuenta con una antigua represa de tierra, de aproximadamente 25 m de ancho y uno 8 a 10 de altura. (Fotografía 4.3-4)



Fot. 4.3-4 Vista de la presa Khara Khota

### ASPECTOS GEOLOGICOS

#### MORRENA FRONTAL O TERMINAL

El sitio de presa corresponde a una morrena frontal o terminal, donde en el lugar central sufrió una erosión, aprovechada para la construcción de la actual presa.

#### MORRENAS LATERALES

El lago se encuentra limitado lateralmente por morrenas, con taludes poco abruptos en sus bordes y donde se encuentra el camino principal y otros secundarios.

#### ZONA DE HUMEDALES

La cuenca en su parte inferior sigue por una zona de humedales o bofedales con el agua que fluye en varios conductos y gran parte por terrazas cubiertas por yerbas y arbustos que sirven de áreas de pastoreo al ganado lanar de la zona.

### GEOTECNIA

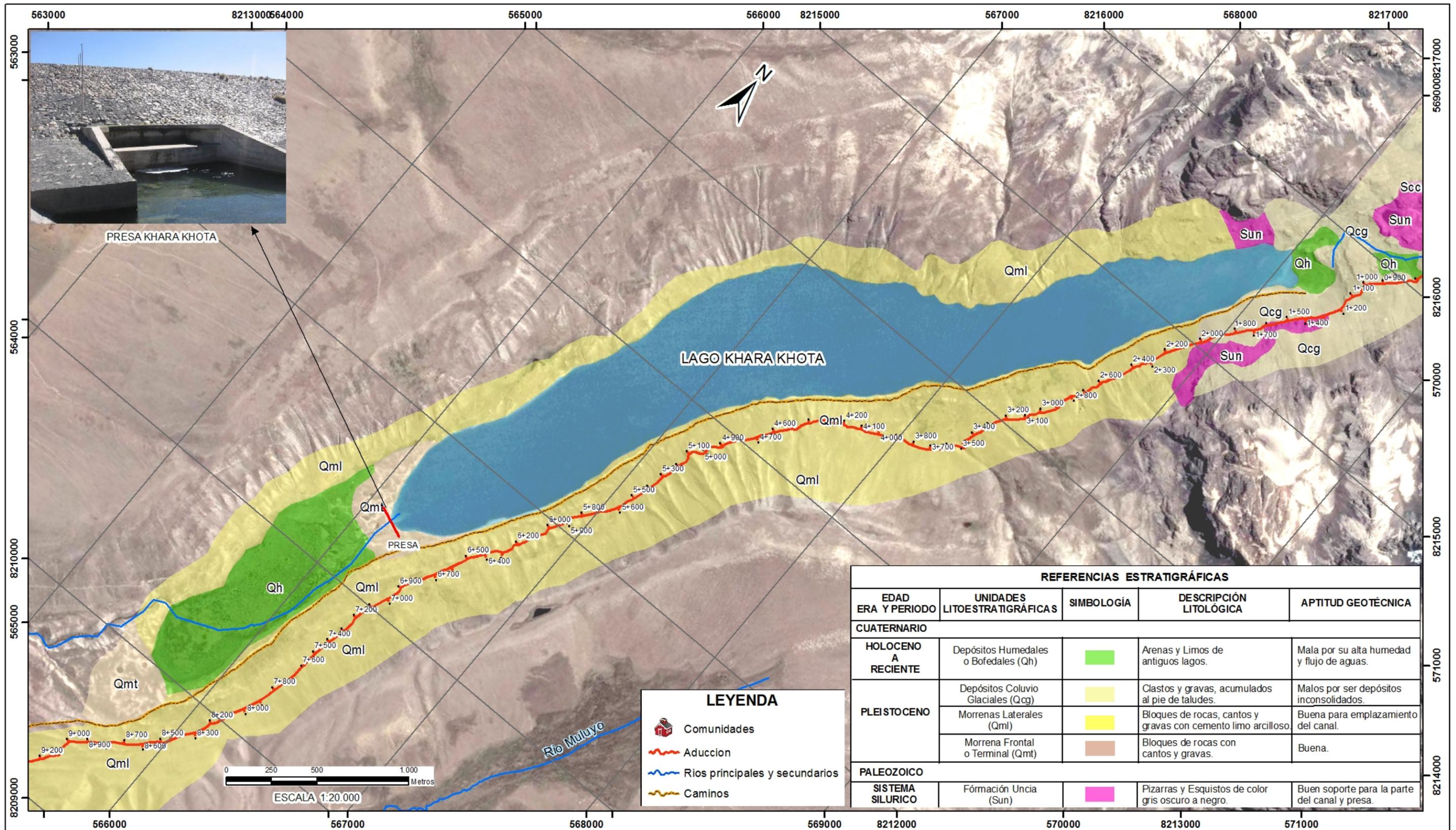
El proyecto de mejoramiento de esta presa se considera será similar a la existente, esto es una presa de tierra de mayor elevación, donde se utilizaran materiales con buena compactación y revestimiento que no presentaran ningún riesgo de su estabilidad.

## PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE

---

En la salida de la presa se observa un alto flujo de aguas que en partes se insumen o evaporan y en su salida el volumen es menor.

Es recomendable esta construcción, pues el lago tiene una alta capacidad de embalse, considerando el largo del lago de 5.000 m. un ancho de 150 m. y una elevación de solo 5 m, se podrá incrementar el reservorio en cerca de 2 millones de metros cúbicos de agua de buena calidad.



REFERENCIAS ESTRATIGRÁFICAS				
EDAD ERA Y PERIODO	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	APTITUD GEOTÉCNICA
<b>CUATERNARIO</b>				
HOLOCENO A RECIENTE	Depósitos Humedales o Bofedales (Qh)		Arenas y Limos de antiguos lagos.	Mala por su alta humedad y flujo de aguas.
	Depósitos Coluvio Glaciales (Qcg)		Clastos y gravas, acumulados al pie de taludes.	Malos por ser depósitos inconsolidados.
PLEISTOCENO	Morrenas Laterales (Qml)		Bloques de rocas, cantos y gravas con cemento limo arcilloso.	Buena para emplazamiento del canal.
	Morrena Frontal o Terminal (Qmt)		Bloques de rocas con cantos y gravas.	Buena.
<b>PALEOZOICO</b>				
SISTEMA SILURICO	Fórmación Uncia (Sun)		Pizarras y Esquistos de color gris oscuro a negro.	Buen soporte para la parte del canal y presa.

**LEYENDA**

- Comunidades
- Aduccion
- Rios principales y secundarios
- Caminos

#### 4.3.1.7 Cuenca Taypichaca

El camino a este lago se inicia en la población de Palcoco aproximadamente Km 40 del camino principal de donde se sigue un camino secundario hacia el Este por 15 Km.

La cuenca presenta una elevación de algo más de 4.300 msnm, con un rumbo de N 20° E. y un flujo de aguas hacia abajo a un Bofedal de rumbo al Oeste siguiendo a la gran cuenca del Lago Titicaca.

#### ASPECTOS GEOLOGICOS

La cuenca presenta un lago elongado de origen sub glacial rodeado por morrenas laterales y en su límite inferior por una morena frontal, en el extremo superior se presentan altos taludes donde afloran rocas de color oscuro, posiblemente pertenecientes a la Formación Uncia de edad silúrica y composición arcilítica con lutitas y pizarras (ver Mapa 3.1)

En la morrena frontal se presenta un corte de erosión, donde se construyó un dique de mediana magnitud y que al presente rebasan las aguas en un volumen apreciable y que en tiempo de lluvias es mayor.

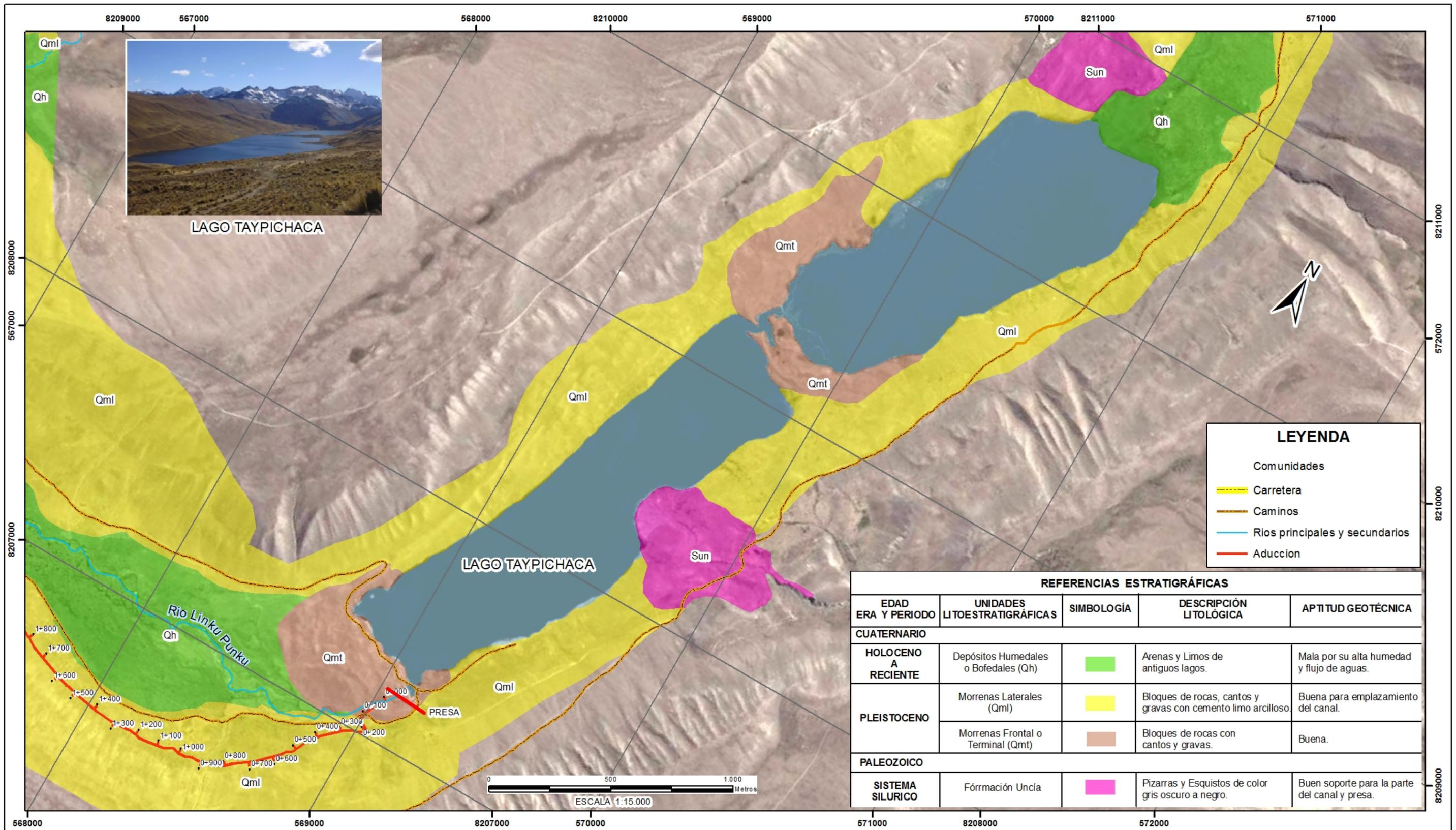
Esta es una razón para incrementar el alto del dique donde se podrá incrementar una reserva de aguas de varios hectómetros.



Fot. 4.3-5 Vista panorámica del Lago



Fot. 4.3-6 Vista del dique



LEYENDA	
Comunidades	
	Carretera
	Caminos
	Rios principales y secundarios
	Aduccion

REFERENCIAS ESTRATIGRÁFICAS				
EDAD ERA Y PERIODO	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	SIMBOLOGIA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	APTITUD GEOTÉCNICA
<b>CUATERNARIO</b>				
<b>HOLOCENO A RECIENTE</b>	Depósitos Humedales o Bofedales (Qh)		Arenas y Limos de antiguos lagos.	Mala por su alta humedad y flujo de aguas.
<b>PLEISTOCENO</b>	Morrenas Laterales (Qml)		Bloques de rocas, cantos y gravas con cemento limo arcilloso.	Buena para emplazamiento del canal.
	Morrenas Frontal o Terminal (Qmt)		Bloques de rocas con cantos y gravas.	Buena.
<b>PALEOZOICO</b>				
<b>SISTEMA SILURICO</b>	Fórmación Uncia		Pizarras y Esquistos de color gris oscuro a negro.	Buen soporte para la parte del canal y presa.

ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA  
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

**CPM CONSULTORES**  
Centro Profesional Multidisciplinario S.R.L.

**PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE PARA LOS MUNICIPIOS DE BATALLAS, PUCARANI Y EL ALTO**

Ing. Oscar Calderón  
GERENTE DE ESTUDIO

Ing. Raúl Carrasco  
ESPECIALISTA GEÓLOGO

Ing. Juan Carlos Arzabe M.  
ESPECIALISTA S.I.G.

**Fuente:**  
Rios y Caminos: Herbario Nacional  
Delimitación Area de Estudio: Elab. Propia  
Delimitación Areas Geológicas: Elab. Propia  
Poblaciones: Elab. Propia  
Imagen Satelital Google Earth (Digital Globe)  
Aducción: PROINTEC

PROYECCIÓN UNIVERSAL DE MERCATOR DATUM: WGS-84, ZONA 19, HEMISFERIO SUR

FECHA: SEPTIEMBRE 2014

**ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL (EEIAS)**

**GEOLOGÍA CUENCA TAYPICHACA**

**MAPA No. 3.1**

## GEOTECNIA

El eje de presa se encuentra en la morrena frontal, donde se indica que el Plan de Peña o “Bed Rock” se encontraría a 8 m de profundidad.

Es de esperar que las perforaciones en ejecución puedan darnos datos exactos.

El nuevo eje de presa, posiblemente se encuentra con rumbo de una presa pequeña inferior existente, donde la permeabilidad es bastante baja.

Las morrenas en gran parte tienen un contenido limo arcilloso, lo cual hace que el terreno sea bastante permeable, por lo cual no existirán problemas de filtración de agua por los terrenos originales.

La presa proyectada tendrá que ser bastante impermeable para evitar filtraciones de agua en sus límites laterales.

### 4.3.1.8 Geología de Linku Punku

Aguas debajo de la laguna Taypichaca, se desarrolló una zona de humedales o bofedales, que corresponde a una antigua laguna subglacial desecada por erosión de la morrena Frontal que sirvió en gran parte como un dique de contención de aguas en la laguna. Su elevación media es de 4.200 msnm (Ver mapa 3.2)

## GEOLOGIA ZONAL

### ZONA DE HUMEDALES O BOFEDALES

La parte inferior del valle presenta una superficie subhorizontal con poca inclinación hacia abajo y al presente por su alta humedad contiene una vegetación de yerbas y arbustos que es utilizada como zona de pascos para el ganado lanar de la zona con rebaños de ovejas y llamas (ver Fotografía 4.3-7)



Fot. 4.3-7 Zona de Humedales y angosto en Linku Punku

## **MORRENA TERMINAL**

En la parte del angosto del río actual Linku Punku existe un remanente de una morrena Terminal o Frontal, que sirvió como una presa natural del elongadobofedal que antes constituyo un lago de poca elevación y que puede ser nuevamente un reservorio de agua con la construcción de un dique de magnitud mediana.

## **MORRENAS LATERALES**

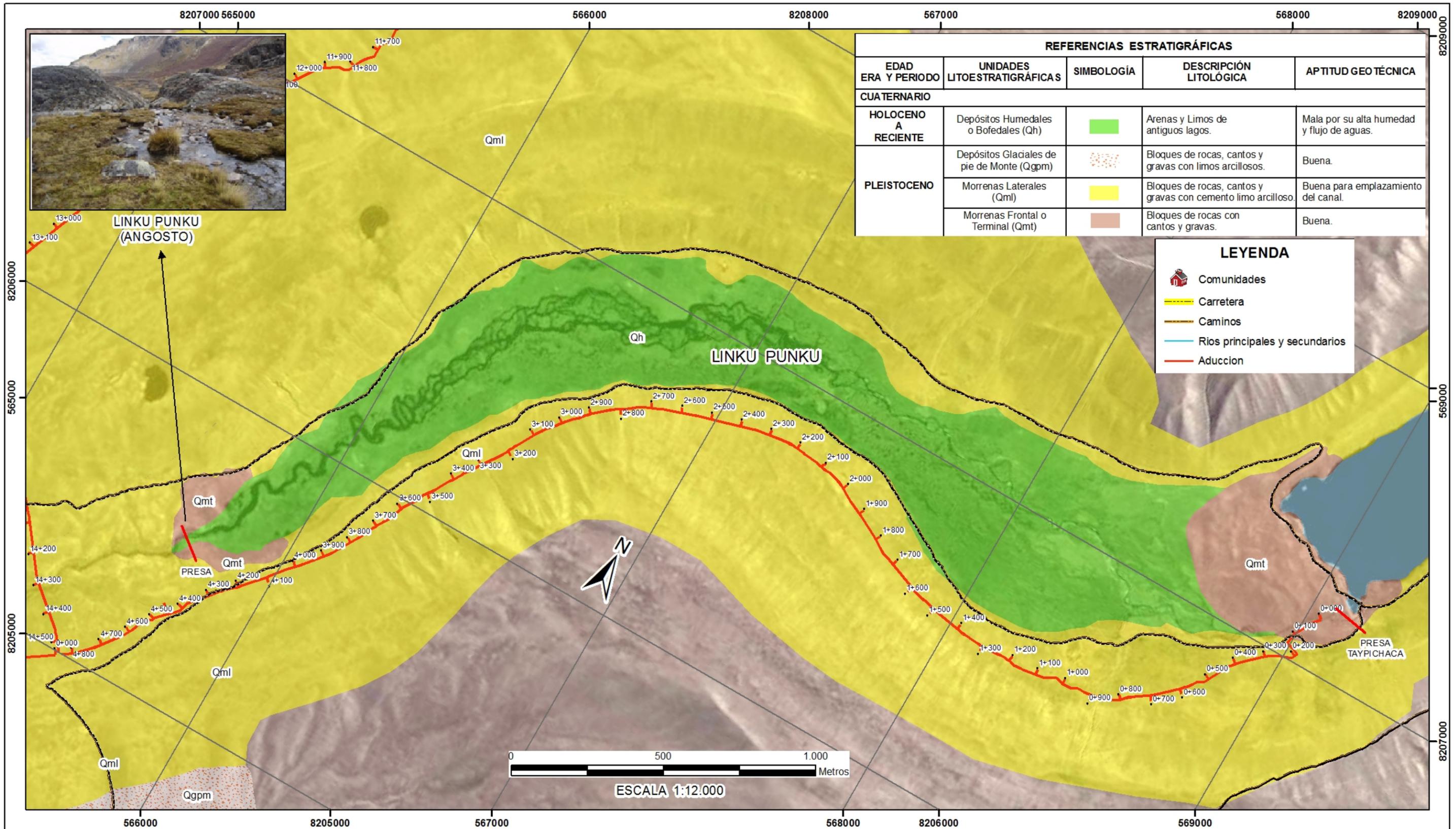
Las laderas zonales del valle están constituidas por morrenas compuestas por bloques de rocas, cantos medianos, gravas y cierto cemento limo arcilloso.

## **GEOTECNICA**

Considerando que la morrena frontal o terminal está constituida por un material detrítico heterogéneo, será necesario conocer la permeabilidad de estas acumulaciones de origen glacial y así pensar en construcción de la posible presa de tierra, con un núcleo impermeable de material arcilloso.

En la zona que el río cruza un angosto río se podrá realizar un levantamiento detallado y conocer su composición litológica, para escoger también el lugar apropiado.

En el plano geológico se trazan los lugares posibles de construcción de estas presas.



REFERENCIAS ESTRATIGRÁFICAS				
EDAD ERA Y PERIODO	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	APTITUD GEO TÉCNICA
CUATERNARIO				
HOLOCENO A RECIENTE	Depósitos Húmedales o Bofedales (Qh)		Arenas y Limos de antiguos lagos.	Mala por su alta humedad y flujo de aguas.
PLEISTOCENO	Depósitos Glaciales de pie de Monte (Qgpm)		Bloques de rocas, cantos y gravas con limos arcillosos.	Buena.
	Morrenas Laterales (Qml)		Bloques de rocas, cantos y gravas con cemento limo arcilloso.	Buena para emplazamiento del canal.
	Morrenas Frontal o Terminal (Qmt)		Bloques de rocas con cantos y gravas.	Buena.

LEYENDA	
	Comunidades
	Carretera
	Caminos
	Rios principales y secundarios
	Aduccion

#### 4.3.1.9 Canales de aducción desde las presas de Khotia Khota y Taypichaca

##### GENERALIDADES

La construcción de un nuevo dique en el lago Khotia Khota y el mejoramiento de la presa del lago Taypichaca, incluyen la construcción de un canal de aducción con buena capacidad para transportar estas aguas y su utilización como agua potable y riego en zonas agrícolas en las laderas inferiores de la Cordillera y del Altiplano.

El canal se inicia a 4.300 msnm aproximadamente en la presa de Khotia Khota y algo más abajo se juntan aguas de la presa Taypichaca y desciende hasta los 4.050 msnm en la zona de Alto San Roque.

El trazo del canal se realizó sobre imágenes de satélite del sistema Google Earth a una Escala aproximada de 1 : 20.000, obteniéndose 7 mapas, las mismas que en partes han sido unidas, sobre las que se trazaron los rasgos geológicos en un ancho aproximado de 2 a 4 Kms.

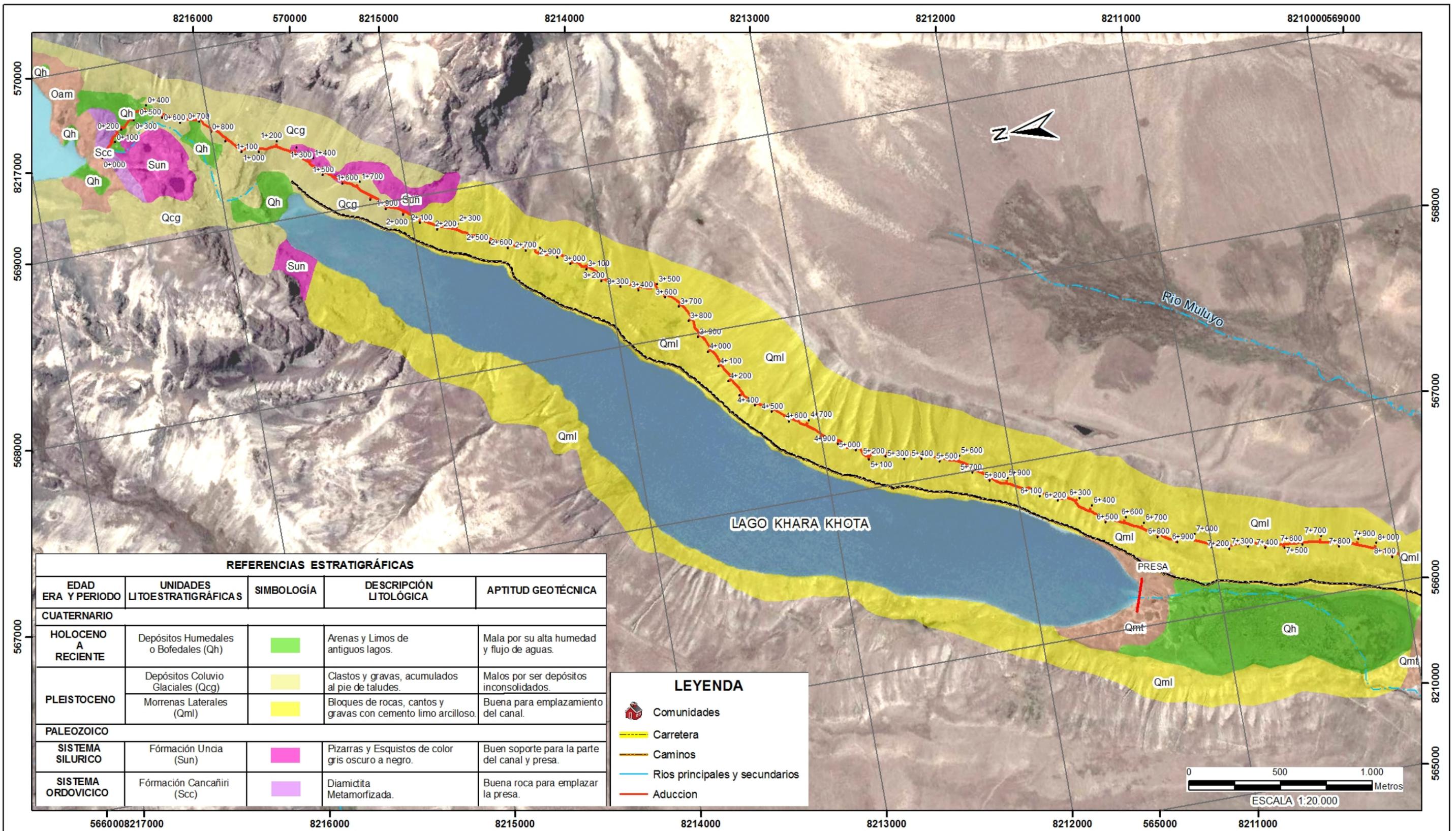
La observación de los terrenos que cruza el trazo del canal, se realizó utilizando algunos caminos secundarios y localizando el trazo con un GPS.

##### GEOLOGIA Y GEOTECNIA

El objeto de este estudio es determinar los tipos de terrenos sobre los que se construirá el canal y analizar las zonas de riesgo o inestabilidad que se encuentren en zonas de alta gradiente, de acuerdo a la geomorfología de la zona o sectores de mucha humedad donde las construcciones civiles no presenta una base estable para la construcción del canal.

En general el trazo del canal se encuentra en depósitos acumulados por la acción glacial conocidos como Morrenas en la época pleistocénica y solo en la zona del proyecto de presa en el lago Khotia Khota y en el primer sector del canal afloran rocas de origen sedimentario pertenecientes a la Era Paleozoica de bastante dureza y estabilidad.

Cortos sectores del canal en la parte inferior se desarrollan sobre lutitas paleozoicas de menor dureza.

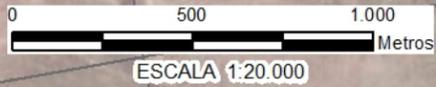


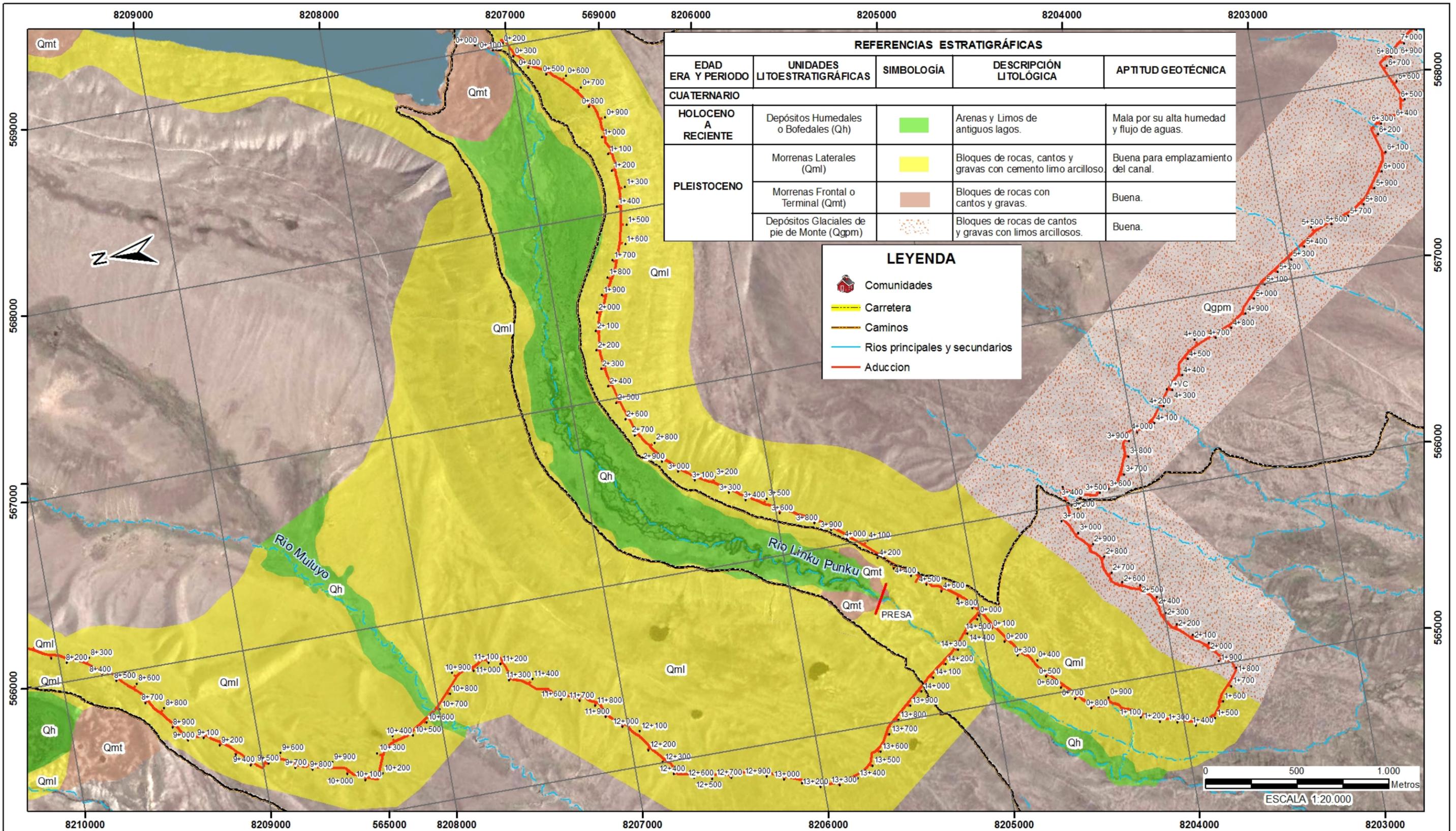
**REFERENCIAS ESTRATIGRÁFICAS**

EDAD ERA Y PERIODO	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	APTITUD GEOTÉCNICA
<b>CUATERNARIO</b>				
<b>HOLOCENO A RECIENTE</b>	Depósitos Humedales o Bofedales (Qh)		Arenas y Limos de antiguos lagos.	Mala por su alta humedad y flujo de aguas.
<b>PLEISTOCENO</b>	Depósitos Coluvio Glaciales (Qcg)		Clastos y gravas, acumulados al pie de taludes.	Malos por ser depósitos inconsolidados.
	Morrenas Laterales (Qml)		Bloques de rocas, cantos y gravas con cemento limo arcilloso.	Buena para emplazamiento del canal.
<b>PALEOZOICO</b>				
<b>SISTEMA SILURICO</b>	Fórmación Uncia (Sun)		Pizarras y Esquistos de color gris oscuro a negro.	Buen soporte para la parte del canal y presa.
<b>SISTEMA ORDOVICICO</b>	Fórmación Cancañiri (Scc)		Diamicrita Metamorfizada.	Buena roca para emplazar la presa.

**LEYENDA**

- Comunidades
- Carretera
- Caminos
- Rios principales y secundarios
- Aduccion





REFERENCIAS ESTRATIGRÁFICAS				
EDAD ERA Y PERIODO	UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	APTITUD GEOTÉCNICA
<b>CUATERNARIO</b>				
<b>HOLOCENO A RECIENTE</b>	Depósitos Humedales o Bofedales (Qh)		Arenas y Limos de antiguos lagos.	Mala por su alta humedad y flujo de aguas.
<b>PLEISTOCENO</b>	Morrenas Laterales (Qml)		Bloques de rocas, cantos y gravas con cemento limo arcilloso.	Buena para emplazamiento del canal.
	Morrenas Frontal o Terminal (Qmt)		Bloques de rocas con cantos y gravas.	Buena.
	Depósitos Glaciales de pie de Monte (Qgpm)		Bloques de rocas de cantos y gravas con limos arcillosos.	Buena.

LEYENDA	
	Comunidades
	Carretera
	Caminos
	Rios principales y secundarios
	Aduccion



## PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE

El canal se inicia en la Presa KhotiaKhota y sigue por el flanco izquierdo de un extenso valle de origen glacial, con rumbo hacia el SO

El perfil original del valle fue de “U”, pero en parte de los taludes laterales se acumularon Depósitos Coluviales, por la acción de la gravedad y acción de aguas de lluvia y nieve. El material esta compuestos por partes de rocas en fragmentos angulosos.

Estos sectores crean cierta dificultad para el emplazamiento del canal y pueden ser inestables por la acción dinámica del movimiento de las aguas del canal.

En los primeros 500 ms se cruzan ciertos Humedales, en niveles altos del mismo lago, donde la base del canal debe ser prevista en la base o podría ser un canal entubado colgante.

En las Fotografías 4.3-8 y 4.3-9 se pueden apreciar la gradiente del terreno.

Fot. 4.3-8 Ladera alta por donde pasa el canal.



Fot. 4.3-9 Morrena lateral por donde pasa el canal.

En esta lámina se observa el límite inferior del lago Khara Khota y el trazo del canal que cambia de rumbo hacia el Sud por una morrena lateral y con ciertas curvas llega hasta la zona del humedal de Linku Punku, donde se conecta con el canal que baja de la presa de Taypichaca, en la Fot. 4.3-10 se observa parte de este sector.

Se debe anotar que como zona de riesgo se tiene el cruce del valle del río Linku Punku, dominada por terrenos húmedos y en su base seguramente existen acumulaciones limo arcillosas de un antiguo lago con poca estabilidad para implantar pilares del canal de paso.



Fot. 4.3-10 Paso del río Linku Punku

#### 4.3.1.10 Geología aducción Taypichaca – PTAP San Roque

##### SECTOR RIOS LINKU PUNKU Y JANCHALLANI (Mapa 5.1)

El canal se inicia pasando el río Linku Punku y sigue bordeando una morrena lateral de buena consistencia para el canal y sigue un terreno de menor gradiente, correspondiente a parte de las acumulaciones primarias de glaciales denominados Glasis o Pie de monte.

En la parte media se encuentra el río Janchallani, donde el lecho del río contiene material aluvial compuesto por gravas y arenas, material bueno para ser utilizado en obras civiles.



Fot 4.3-11 Zona de Pie de monte y el río Janchallani

SECTOR RIOS JANCHALLANI Y CONDORIRI

Constituye una continuación similar al anterior sector donde la gradiente del terreno es suave y al borde del trazo del canal se cruza el río Condoriri con cierto material vegetal en sus bordes en forma de humedales. (Fot.- 4.3-12)

El desnivel del río permitirá emplazar un canal elevado de poca longitud, sobre terrenos estables de origen glacial, con muchos cantos y bloques de rocas, como se observa en la Fot. 4.3-13.



Fot. 4.3-12 Río Condoriri

Fot. 4.3-13 Terrenos glaciales de pie de monte



SECTOR HACIENDA QEUTHA Y RIO COLLPANI (Mapa 5.2)

El trazo del canal sigue por laderas de poca gradiente compuestos por morrenas laterales y de pie de monte. En partes se considera de una acción fluvio glacial.

En la zona media se observa un caserío denominado Hacienda Qeutha y los terrenos corresponden a antiguos humedales, notándose zonas con arboledas y pastizales (Fot. 4.3-14)

La parte con acción fluvial y algunos humedales discontinuos pueden contener materiales incompetentes, malos para emplazar obras civiles pero aptas para una tubería subterránea, pues también en el lugar existen otros canales de agua y cruce de caminos carreteros.



Fot. 4.3-14 Zona de Hacienda Qeutha

Fot 4.3-15 Humedales en la zona de Qeutha



SECTOR RIO COLLPANI – PAMPAJASI (Mapa 5.3)

El trazo del canal sigue por depósitos de origen glacial y en una ladera de suave gradiente, pero por la erosión de río se observa en la base depósitos de material limo arcilloso, posiblemente extensiones de la cuenca lacustre del Altiplano.

En terrenos fuera del trazo del canal se observan varios afloramientos de rocas de origen sedimentario como areniscas y lutitas, posiblemente de edad Devónica.

Solo un tramo de corta longitud se encuentra sobre afloramientos de lutitas de la Formación Belen. (Fot. 4.3-16)



Fot. 4.3-16 Sector con fuerte erosión de canales

SECTOR RIOS PAMPAJASI Y SAN ROQUE ALTO (Mapa 5.4)

El trazo del canal sigue cortando ciertas laderas de un valle donde se unen dos ríos (Rutia – Pampajasi) con alta explotación de áridos y una pequeña población.

Estos ríos contienen gran cantidad de material aluvial que descienden desde la zona de Condoriri y se explota en forma mecanizada y con numerosos carros que transportan piedras, gravas y arenas a la ciudad de El Alto.

El canal sigue con un rumbo hacia el SO por una ladera de suave gradiente correspondientes a un pie de monte glacial.

El último sector del trazo es donde se encuentra con un área de cierto desarrollo agrícola, y suelos con contenido húmico (Fot. 4.3-17)

El final del trazo del canal se encuentra en terrenos subhorizontales cerca de la población de El Alto. Localmente denominada Alto San Roque a una altura aproximada de 4.100 msnm. (Fot. 4.3-18)

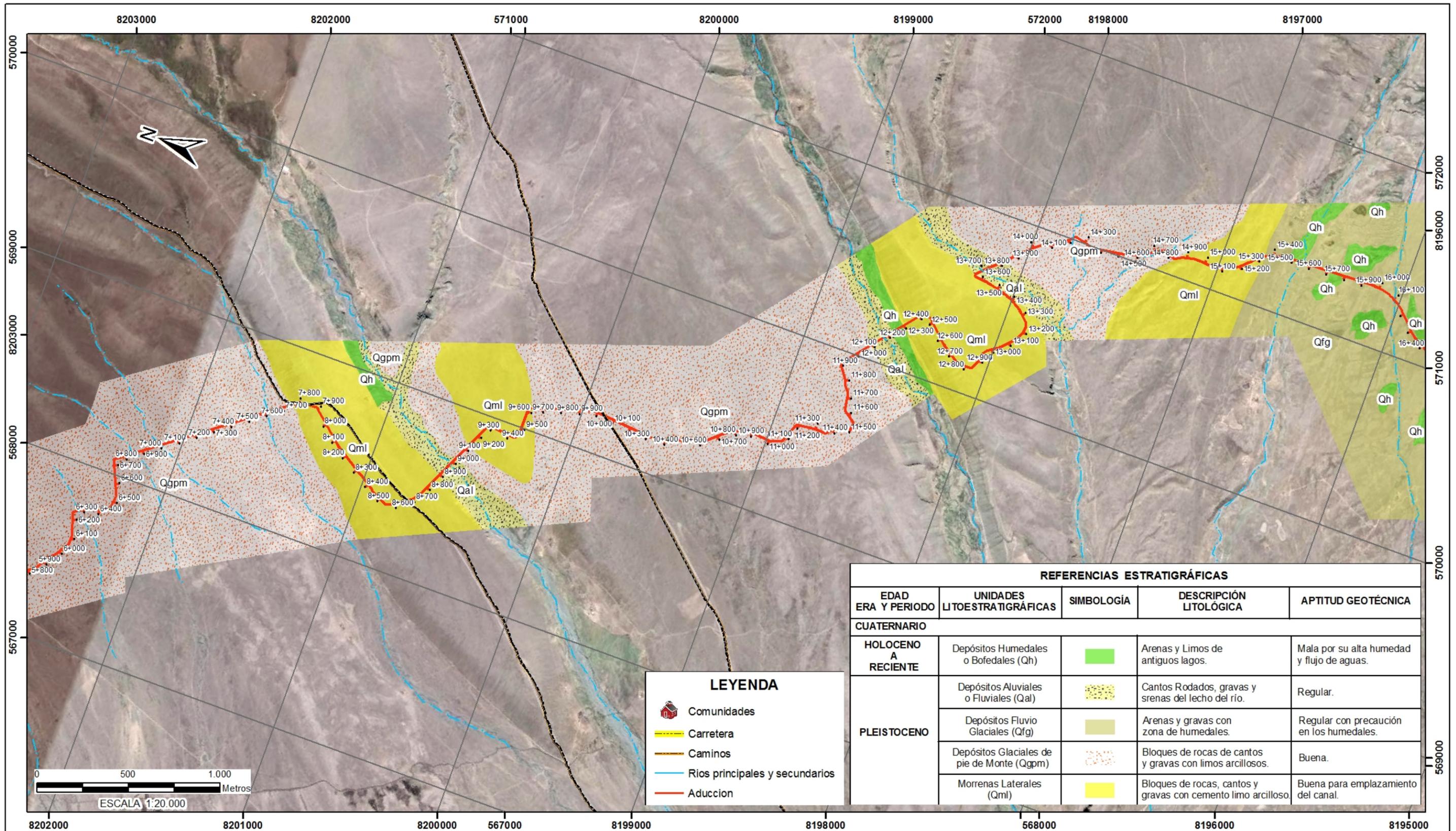
En este lugar está prevista la construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

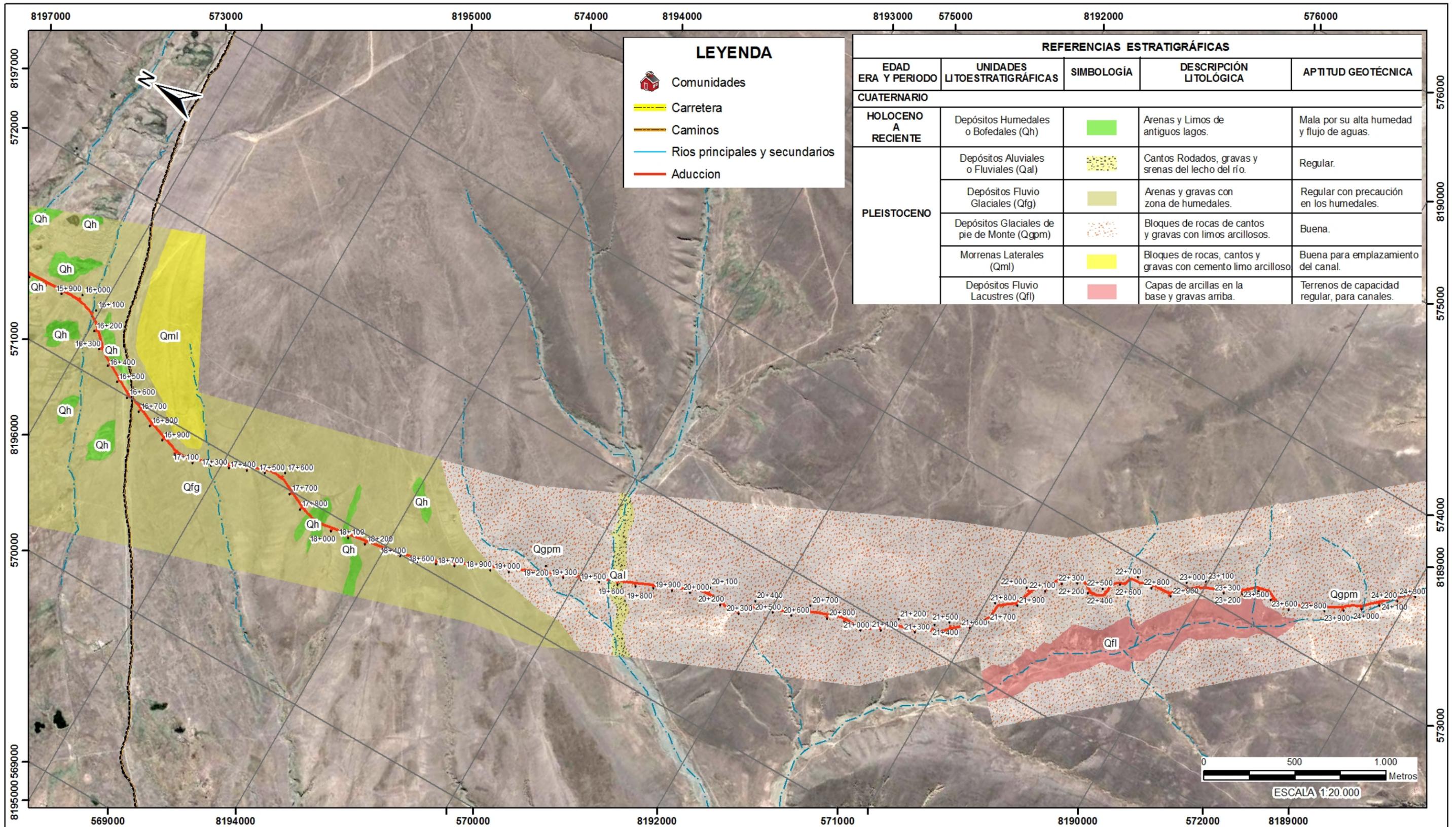


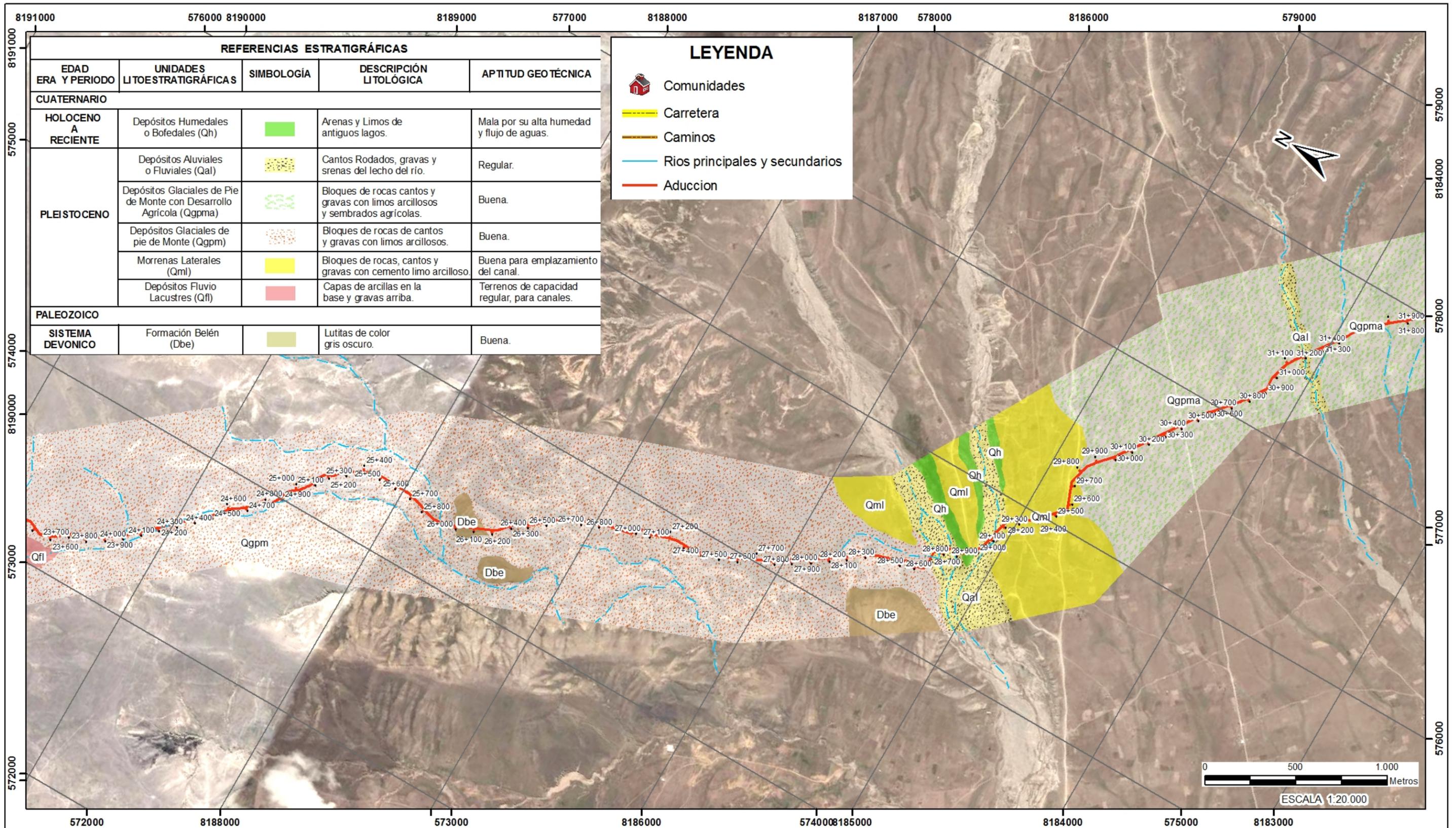
Fot 4.3-17 Zona con cierto desarrollo agrícola (Vilaque)

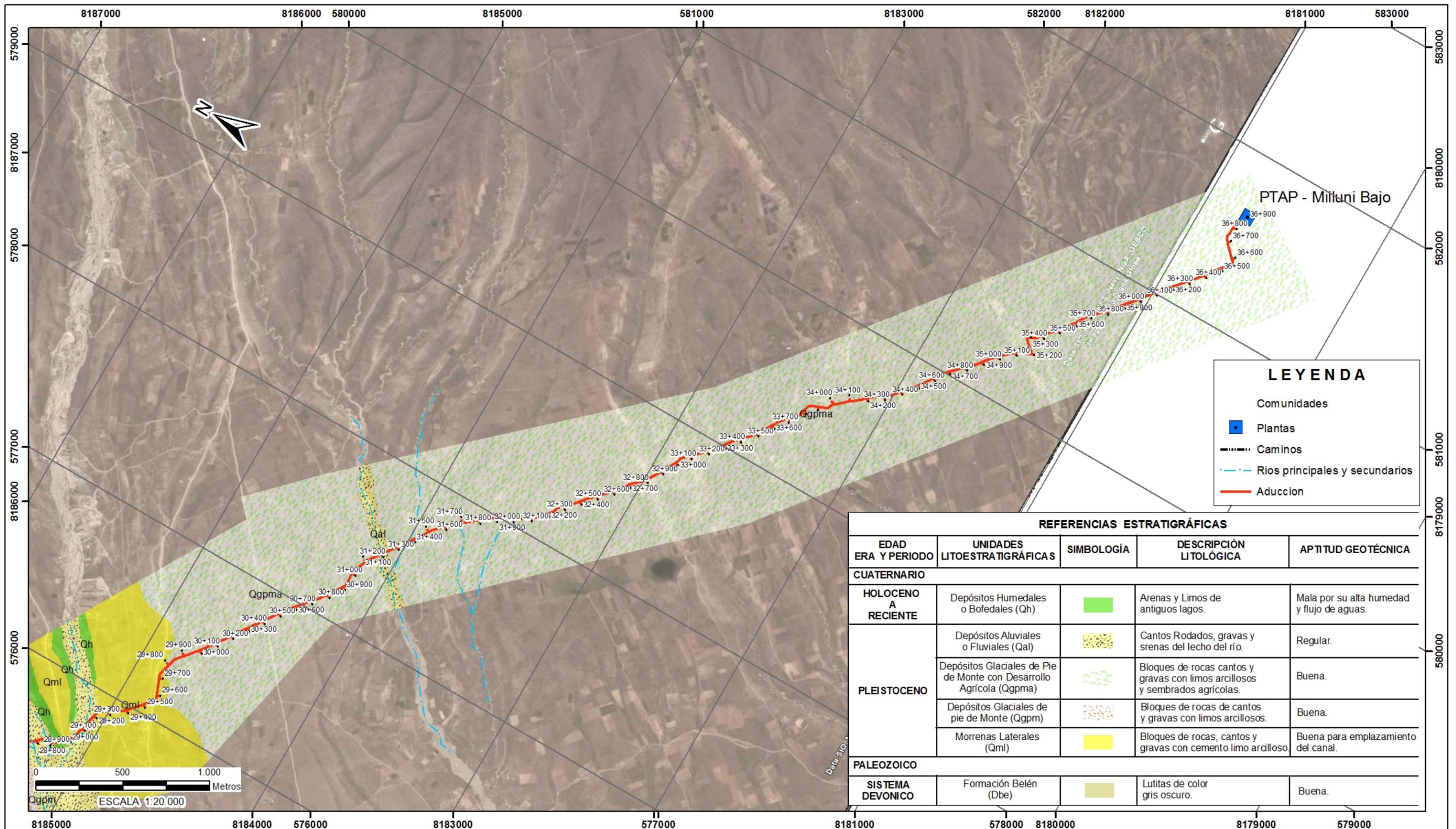


Fot. 4.3-18 Lugar de Planta de Tratamiento de aguas en Alto San Roque









**LEYENDA**

- Comunidades
- Plantas
- Caminos
- Rios principales y secundarios
- Aduccion

REFERENCIAS ESTRATIGRÁFICAS				
EDAD ERA Y PERIODO	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	APTITUD GEOTÉCNICA
<b>CUATERNARIO</b>				
<b>HOLOCENO A RECIENTE</b>	Depósitos Humedales o Bofedales (Qh)	[Green box]	Arenas y Limos de antiguos lagos.	Mala por su alta humedad y flujo de aguas.
	Depósitos Aluviales o Fluviales (Qal)	[Yellow box]	Cantos Rodados, gravas y srenas del lecho del río.	Regular.
<b>PLEISTOCENO</b>	Depósitos Glaciales de Pie de Monte con Desarrollo Agrícola (Qgpm)	[Green dotted box]	Bloques de rocas cantos y gravas con limos arcillosos y sembrados agrícolas.	Buena.
	Depósitos Glaciales de pie de Monte (Qgm)	[Red dotted box]	Bloques de rocas de cantos y gravas con limos arcillosos.	Buena.
	Morrenas Laterales (Qml)	[Yellow box]	Bloques de rocas, cantos y gravas con cemento limo arcilloso.	Buena para emplazamiento del canal.
<b>PALEOZOICO</b>				
<b>SISTEMA DEVONICO</b>	Formación Belén (Dbe)	[Light green box]	Lutitas de color gris oscuro.	Buena.

#### 4.3.1.11 Aspectos de contaminación de minerales

La cordillera en muchos sectores cuenta con recursos minerales, que en la actualidad no son explotados. Por este motivo no se observan aguas cotaminadas.

Entre los rodados de rocas se observan ciertos clastos con oxidos de hierro, pero no se observaron clastos de minerales.

Por esta razón se considera que la contaminación de compuestos minerales es muy baja. De todas maneras se pueden recurrir a los análisis químicos de aguas realizados por PROINTEC.

#### 4.3.1.12 Riesgos o contingencias de daños en obras civiles

La región en general presenta una fuerte variación geomorfológica, pues fue objeto de diferentes movimientos morfoestructurales, tanto tectónicos en el emplazamiento de la Cordillera Oriental, como la fuerte acción erosiva superficial de la época glacial y posterior fluvial.

Estos aspectos físico mecánicos conformaron el actual paisaje montañoso de tipo juvenil con picos y valles de altas gradientes, donde serán desarrolladas las diferentes obras civiles.

Mayormente los proyectos de Presas como el Canal de Aducción se encuentran sobre depósitos detríticos de origen glacial con buena consistencia y solo la Presa Khotia Khota se emplazará en afloramientos rocosos

#### 4.3.1.13 Riesgos de orden fisicomecanico

Entre las principales zonas de cierto riesgo en la estabilidad de obras se deben indicar las siguientes:

- ✓ Primer tramo del canal de aducción de la presa Khotia Khota, donde el flanco izquierdo del valle de lago Khara Khota presenta alto ángulo de pendiente y el material corresponde a depósitos de origen coluvio glacial, poco consolidados y el mismo se acumuló en la ladera, donde el plan de peña es casi vertical.
- ✓ Se recomienda en los trabajos de excavación para la base del canal, considerar el grado de humedad zonal.
- ✓ Otros sectores de poca estabilidad constituyen los pasos del canal de aducción por humedales. Considerando que corresponden a lugares de antiguos lagos subglaciales.

#### 4.3.1.14 Riesgos sísmicos

La región no registra movimientos sísmicos importantes, según los registros se tiene en un orden de 2 a 3.5 en la escala de Richter, por lo tanto no afectan a construcciones civiles.

Para certificar esta consideración se ha obtenido del Observatorio Sismológico de San Calixto un informe referente a las actividades sísmicas de tiempos pasados y se confirma que solo ha sido objeto de una microsismicidad, dicho informe se encuentra en Anexo 4.

En el mencionado informe de Actividad Sísmica, se hace referencia a una Falla de tipo normal, denominada Peñas, en la parte inferior de los depósitos morrénicos. Este lineamiento se señala con dos puntos de color rojo y sigue aproximadamente un rumbo N 50°O, cabe aclarar que esta falla se encuentra fuera de los límites del área de intervención del proyecto.

### 4.3.2 Meteorología

El proyecto se ubica en la franja andina oriental, donde el proceso climático se encuentra influenciado tanto por su ubicación respecto al movimiento atmosférico continental, como por la acción orográfica regional. La situación que se presenta en los hechos es por la altitud, producto de la formación cordillerana, distorsiona dichos patrones climáticos, por lo que las condiciones altitudinales de la zona del proyecto juegan un papel importante en la clasificación climática de la región.

En la figura 4.3-3 se presenta el mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas existentes y próximas a la zona del proyecto:

**Tabla 4.3-2 Ubicación de estaciones Meteorológicas de interés al proyecto**

ESTACIÓN	El Alto	Río Seco	Huayna Potosí	Huayrocondo	Hichucota	Chirapaca	Peñas
Longitud	68° 13' 00"	68° 12' 00"	68° 01' 00"	68° 29' 49"	68° 22' 52"	68° 29' 47"	16° 38' 00"
Latitud	16° 31' 00"	16° 29' 00"	16° 16' 00"	16° 20' 35"	16° 10' 36"	16° 17' 46"	16° 17' 00"
Altitud (m.s.n.m.)	4071	4025	6088	3875	4460	3870	3986

Fuente: Epsas, Plan Maestro 2013 y MMAyA.

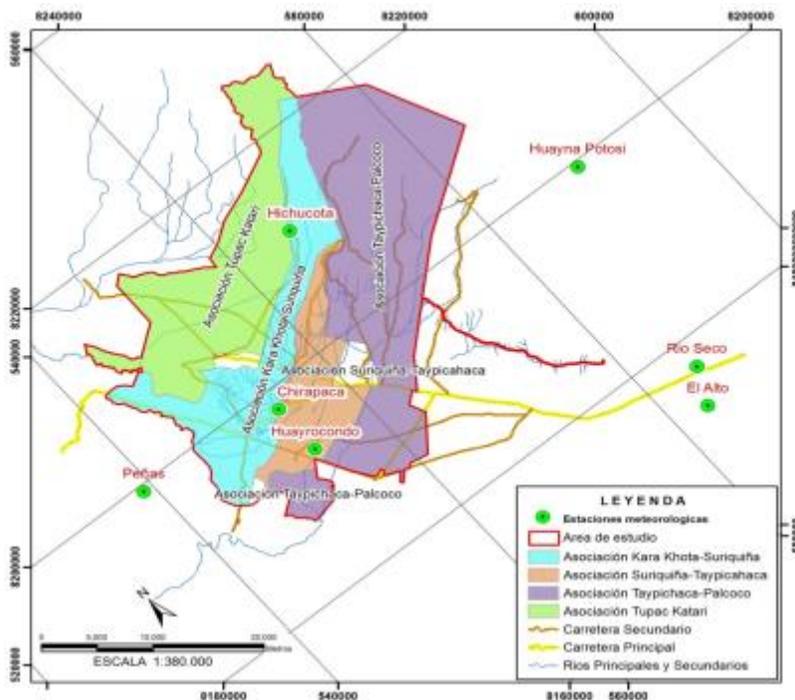


Figura 4.3-3 Estaciones Meteorológicas del área.

Fuente: Elaboración propia en base a información de Senamhi.

#### 4.3.2.1 Temperatura

De acuerdo al estudio de identificación (IC-RIMAC, 2013), la temperatura media de la zona es de 7,3°C, con un promedio de una máxima de 15,4°C y, una mínima media de -0,8°C.

Con el efecto de la altitud paulatinamente va disminuyendo no solo la temperatura, sino la humedad y la presión atmosférica. En efecto, las regiones de Sudamérica más bajas tienen altas temperaturas, las regiones intermedias tienen una temperatura templada y las regiones altas y muy altas tienen bajas temperaturas.

El gradiente de temperatura en el aire altiplánico disminuye a una tasa de - 6.2 °C/Km de altitud (Fräre *et al*, 1975).

En la Figura 4.3-4 se presenta la distribución de la temperatura media en la zona del proyecto.

A continuación se tiene la temperatura media de los 38 años de información de la Estación de Hichucota (Ver Anexo 1, T° Máximos y Mínimos promedios 1974 - 2011); parámetro que nos sirve para determinar la evapotranspiración por el método de Thornthwaite.

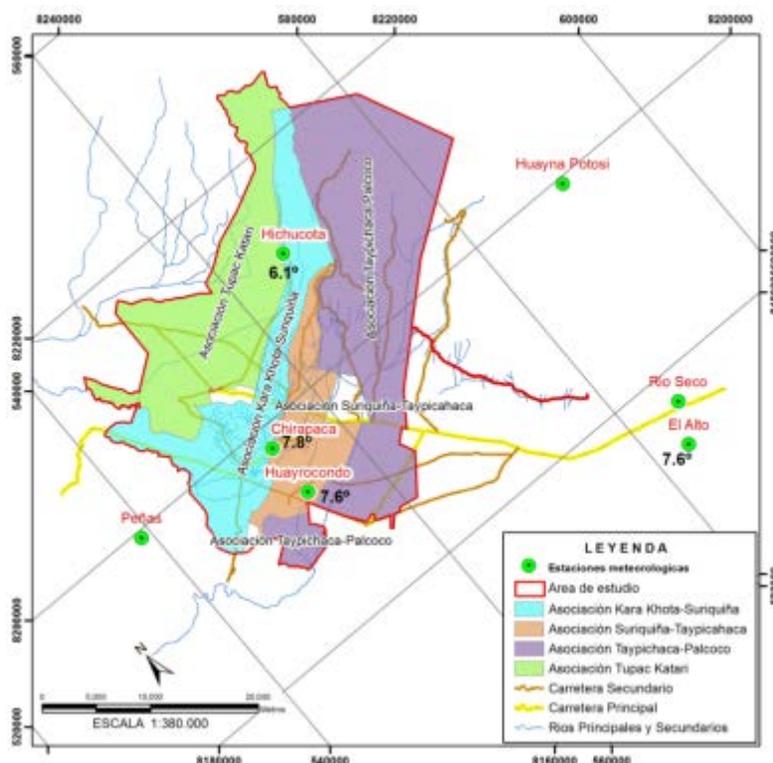


Figura 4.3-4 Temperatura media (1974 – 2011) – Área del proyecto

Fuente: Elaboración propia en base a información de Senamhi.

Tabla 4.3-3 Parámetro de T° - Estación Hichucota (1991 – 2012)

Temperatura media promedio (°C), Hichucota													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Med
<b>Prom. Mín.</b>	1.23	1.16	0.93	0.31	-1.79	-3.54	-4.45	-3.96	-2.84	-1.12	0.11	0.83	<b>-1.09</b>
<b>Prom. Máx.</b>	12.41	12.48	12.82	13.37	13.75	13.43	13.38	13.75	13.66	13.83	13.93	13.51	<b>13.36</b>
<b>Prom.</b>	6.82	6.82	6.875	6.84	5.98	4.945	4.465	4.895	5.41	6.355	7.02	7.17	<b>6.14</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Senamhi.

Del análisis de este cuadro se puede advertir que la fluctuación de la temperatura en valor absoluto para los promedios se da en el mes de julio, alcanzando un valor de 17,83° de variación. Y en general habiéndose analizado las temperaturas máximas y mínimas este valor absoluto de variación alcanza a 23.3° para el mismo mes.

Las estaciones meteorológicas aledañas a la zona de riego, son las de Huayrocondo y Chirapaca de las cuales se presenta la información de Temperatura media con la que posteriormente se calcula la ETP y la ETP real.

**Tabla 4.3-4 Parámetro de T<sup>0</sup> - Estación Chirapaca (1991 – 2012)**

DATOS DE :TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL (°C)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
PROM:	9.5	9.4	9.2	8.2	6.4	5.0	4.8	5.9	7.5	8.8	9.5	9.8	7.8

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Senamhi.

**Tabla 4.3-5 Parámetro de T<sup>0</sup> - Estación Huayrocondo (1991 – 2012)**

DATOS DE :TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL (°C)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
PROM:	9.8	9.6	9.1	8.3	6	4.6	4.5	5.5	7.1	8.6	9.2	9.8	7.6

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Senamhi.

**Tabla 4.3-6 Parámetro de T<sup>0</sup> - Estación El Alto (1991 – 2012)**

DATOS DE :TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL (°C)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
PROM:	9.1	9.1	8.8	8.0	6.3	5.0	4.7	5.7	7.2	8.6	9.4	9.5	7.6

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Senamhi.

#### 4.3.2.2 Presión

A nivel del mar la presión atmosférica es de 760 mm de mercurio; sobre la cima de la cordillera de Los Andes la presión se reduce a cerca de la mitad de la registrada a nivel del mar. En la región del proyecto se estima en un 35% menos que a nivel del mar; es decir, 490 mm de mercurio, con una densidad del aire de 1.20 kg/m<sup>3</sup> aproximadamente.

#### 4.3.2.3 Humedad relativa

Al igual que la temperatura lo mismo ocurre con la humedad. La atmósfera de las regiones más bajas tiene abundante humedad. El aire de las regiones más altas es seco, carente de humedad.

Las masas de aire que llegan a la región altiplánica tienen en general un contenido relativamente bajo de humedad, debido a su origen en niveles elevados. Por otra parte, el ambiente frío predominante, por efecto de la altura, implica una menor capacidad de retención de vapor de agua.

**Tabla 4.3-7 Estación Hichucota - Datos de humedad relativa media (%) 2000-2007**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2000	68.8	71.3	68.9	58.7	47.3	52.1	53.6	54.5	53.6	59.8	60.7	69.4	59.9
2001	74.5	72.2	68.4	63.0	57.7	54.8	50.3	50.2	61.5	65.7	63.9	68.0	62.5
2002	70.0	70.7	70.5	68.7	59.3	55.5	59.6	53.5	56.4	67.8	66.4	67.5	63.8
2003	68.1	69.8	69.9	69.0	62.6	***	***	***	***	***	***	71.6	***
2004	73.6	69.3	64.4	61.3	49.9	49.6	52.8	42.1	49.7	49.2	53.9	60.5	56.4
2005	64.9	65.4	63.4	57.9	43.2	38.9	41.2	35.9	44.3	51.9	58.7	62.0	52.3
2006	66.0	67.7	68.0	60.6	44.0	42.7	40.6	44.4	50.5	55.6	65.2	66.8	56.0
2007	67.1	70.1	67.8	61.0	51.4	47.9	46.5	44.6	58.5	59.6	59.1	66.6	58.4

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Senamhi.

**Tabla 4.3-8 Estación Huayrocondo - Datos de humedad relativa media (%) 2000-2007**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2000	76.6	78.7	79.7	74.4	65.1	66.3	59.7	60.8	59.8	65.2	59.6	68.9	68.0
2001	84.1	84.0	79.8	78.0	73.9	75.7	74.2	68.6	64.6	62.7	60.5	63.4	72.5
2002	66.1	74.9	75.8	75.5	69.8	70.7	67.6	63.1	62.3	64.6	64.0	65.1	68.3
2003	72.9	76.0	77.5	74.6	71.9	67.7	66.1	63.7	60.3	51.8	48.8	57.1	65.7
2004	71.3	70.1	69.4	69.7	62.9	59.5	61.2	58.3	58.6	55.1	54.5	56.7	62.3
2005	67.0	72.2	66.4	69.3	***	***	54.1	50.3	50.6	51.0	55.0	62.4	***
2006	70.9	67.9	72.2	67.9	56.1	56.5	55.4	52.7	50.7	43.5	51.7	57.7	58.6
2007	63.2	66.1	72.3	69.1	63.7	54.6	59.1	53.2	55.8	53.2	55.8	59.3	60.5

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Senamhi.

La humedad absoluta y la relativa media es relativamente menor durante el invierno austral cuando predomina sobre el Altiplano un flujo del oeste desde el dominio del anticiclón del Pacífico suroriental. Durante la temporada de lluvias, en el verano austral, los niveles de humedad absoluta y relativa aumentan como resultado de la advección de masas de aire desde la cuenca amazónica.

#### 4.3.2.4 Radiación solar

El régimen anual de la radiación solar disponible a nivel de superficie en la región del proyecto está condicionada por factores geográficos y meteorológicos, entre los cuales destacan su localización, su elevación y el régimen de nubosidad. Así, en toda la región altiplánica, la radiación diaria por unidad de área horizontal en el tope de la atmósfera en diciembre es sólo 1.7 veces mayor que el valor homólogo en junio.

La nubosidad relativamente más abundante durante el verano austral (diciembre-marzo) determina que en la mayor de la región la radiación global mensual a nivel de superficie alcance el máximo anual hacia fines de la primavera austral (noviembre).

La radiación solar incidente,  $R_s$ , se evalúa a partir de la radiación solar extraterrestre (la que llega a la parte exterior de la atmósfera, que sería la que llegaría al suelo si no existiera atmósfera); ésta última aparece según Hargreaves y Samani, (1985) como  $R_0$  ó  $R_a$ , y la leemos en tablas en función de la latitud del lugar y del mes. En este caso referiremos a ella como  $R_0$ .

Para la obtención de  $R_s$  según Samani (2000) se calcula con la siguiente fórmula:

$$R_s = R_0 * KT * (t_{máx} - t_{mín})^{0.5}$$

Donde:  $R_s$  = Radiación solar incidente

$R_0$  = Radiación solar extraterrestre (tabulada)

KT = coeficiente

$t_{max}$  = temperatura diaria máxima

$t_{min}$  = temperatura diaria mínima

Puesto que los valores de  $R_0$  están tabulados y las temperaturas máximas y mínimas son datos empíricos relativamente fáciles de obtener, la dificultad para aplicar esta sencilla expresión la encontramos en el coeficiente KT.

Para evaluar la Radiación Solar Extraterrestre ( $R_0$ ) existen varias tablas, todas ellas en función de la latitud y del mes. A continuación (Tabla 3.1.9) se incluye la tabla de  $R_0$  de Allen et al (1998) para toda el área del proyecto. Esta tabla está en MJ/m<sup>2</sup>/día, para pasar a mm/día se convierte en evaporación equivalente usando un factor de conversión igual a la inversa del calor latente de vaporización ( $1/\lambda = 0.408$ ).

El coeficiente KT de la anterior expresión es un coeficiente empírico que se puede calcular a partir de datos de presión atmosférica, pero Hargreaves (citado en Samani, 2000) define el coeficiente  $KT = 0,162$  para regiones mediterráneas y  $KT = 0,19$  para regiones costeras.

Entonces para la zona del proyecto (embalses) el valor de la Radiación solar incidente, tomando en cuenta la Estación Hichucota será:

Valor de la Radiación extraterrestre:

(Tabla, para Octubre y 16° Hemisferio Sur)

**Tabla 4.3-9 Radiación solar extraterrestre ( $R_0$ ) en MJ/m<sup>2</sup>/d (Allen et al., 1998)**

Latitud (Grados)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
16°	41.1	39.9	37.2	32.8	28.5	26.2	27.0	30.6	35.2	38.7	40.6	41.2

Fuente: Publicación 56 de la FAO

Tomando un valor de 0,162 para la constante KT (región mediterránea) y las temperaturas máximas y mínimas de la Estación Hichucota, el valor de Rs para la zona del proyecto, sería de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 4.3-10 Radiación solar Incidente en MJ/m<sup>2</sup>/d (Samani 2000)**

Latitud (Grados)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
16°	22.3	21.7	20.8	19.2	18.2	17.5	18.5	20.9	23.2	24.2	24.5	23.8

Fuente: Elaboración propia en base a doc. de Hargreaves y Samani (FAO) y datos Senamhi.

#### 4.3.2.5 Nubosidad

A continuación en las siguientes tablas se dá un reporte de la nubosidad registrada en las estaciones de Hichucota, Chirapaca y Huayrocondo.

**Tabla 4.3-11 Nubosidad media (Octas) – Estación Hichucota (1974 – 2013)**

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
6.0	6.0	5.0	4.0	2.0	2.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	4.0

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Senamhi.

**Tabla 4.3-12 Nubosidad media (Octas) – Estación Chirapaca (1991 – 2013)**

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
6.0	6.0	5.0	4.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0	5.0	4.0

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Senamhi.

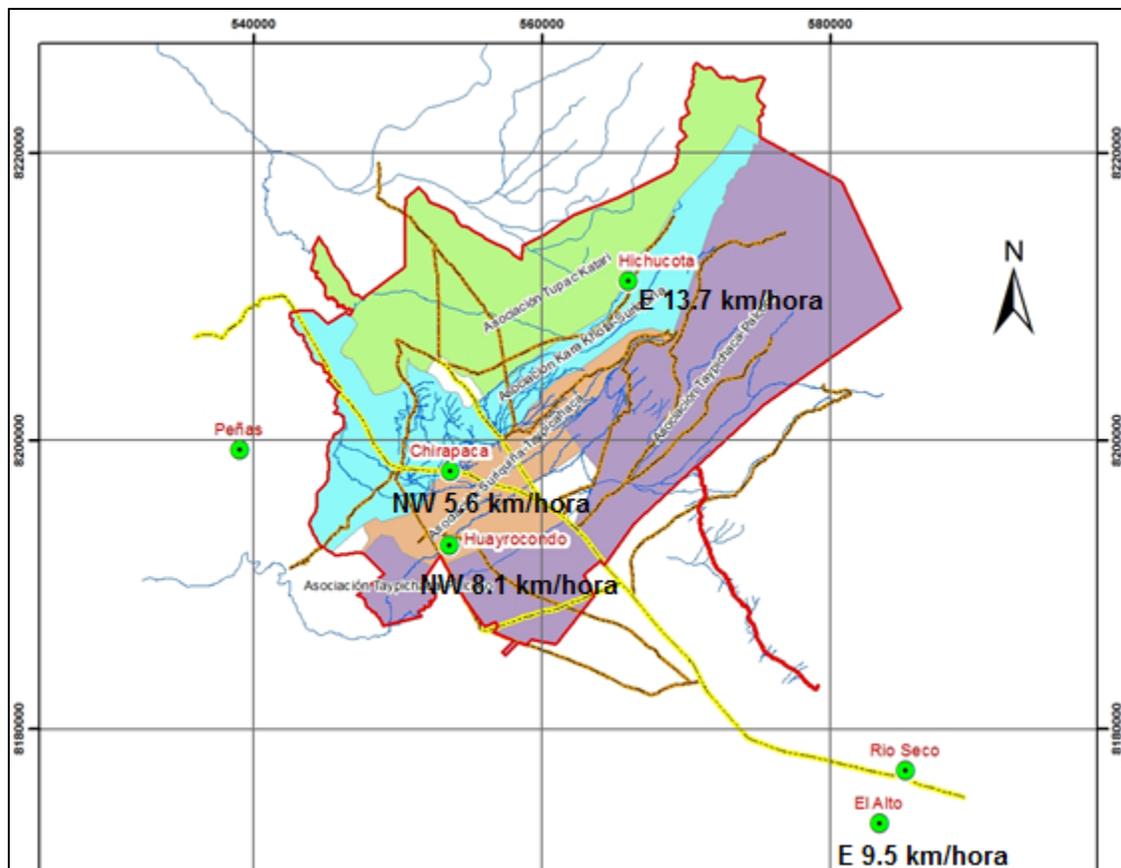
**Tabla 4.3-13 Nubosidad media (Octas) – Estación Huayrocondo (1991 – 2013)**

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
6.0	6.0	5.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0	5.0	3.0

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Senamhi.

#### 4.3.2.6 Vientos

Durante el invierno austral (julio), cuando la corriente en chorro subtropical se encuentra en su posición más septentrional, la región del proyecto queda bajo la influencia de los vientos relativamente secos del oeste. Durante el verano, la corriente en chorro es relativamente más débil y se desplaza hacia el sur, de modo que el límite entre el sector con predominio de un flujo con componente del este y la zona de los oestes en latitudes más altas se localiza sobre la región andina. La velocidad media anual en la estación de Hichucota es de 13.7 km/hora y en la zona de riego quedaría representada por la estación de Chirapaca donde se tiene registrada una velocidad media del viento de 5.6 km/hora.



**Figura 4.3-5 Velocidad media del viento (km/hora)**

Fuente: Elaboración propia conforme a datos de SENAMHI Y TDE.

El régimen de viento cerca de la superficie está fuertemente condicionado por la topografía local. El desarrollo de brisas de valle-montaña y aquellas asociadas a la presencia de lagos y salares generan circulaciones locales que pueden apartarse considerablemente del flujo atmosférico de gran escala en la región.

La dirección predominante del viento en la zona de la cuenca Jacha Jahuira es perpendicular al ancho de valle de Norte a Sud en tiempo seco y de sur a norte en tiempo húmedo.

La dirección predominante del viento en la cuenca del río Khullu Cachi es de sud-oeste.

#### 4.3.2.7 Evapotranspiración

Dentro de los factores meteorológicos que afectan la evaporación se tienen a:

- ✓ Radiación solar
- ✓ Temperatura del aire.
- ✓ Presión de vapor
- ✓ Viento
- ✓ Presión atmosférica

De acuerdo a la Latitud y las temperaturas máximas y mínimas es posible calcular la magnitud de ETP que ocurre en la zona.

**Tabla 4.3-14 Cuadro de cálculo de la ETP – Estación Hichucota**

Cálculo de la ETP mensual mediante la fórmula de Thornthwaite														
	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	Total
Temperat.	5.41	6.355	7.02	7.17	6.82	6.82	6.87	6.84	5.98	4.94	4.46	4.89	5.41	
i	1.13	1.44	1.67	1.73	1.60	1.60	1.62	1.61	1.31	0.98	0.84	0.97	1.1	16.49
ETP sin corr	39.9	45.2	48.8	49.6	47.7	47.7	48.0	47.8	43.1	37.2	34.4	37.0	39.9	
Nº días mes	30	31	30	31	31	28.25	31	30	31	30	31	31	30.0	
Nº horas luz	11.76	12.5	12.9	12.8	12.4	12.2	12.21	11.74	11.37	11.02	11.3	11.5	11.8	
ETP corr.	39.1	48.7	52.5	54.7	51.0	45.7	50.5	46.8	42.2	34.2	33.4	36.7	39.1	535.4

Fuente: Elaboración propia

**Cálculo de la ETP para las áreas de riego:**

A continuación se presenta el cálculo de la evapotranspiración a nivel mensual a través del método de Thornthwaite, para la estación de Chirapaca que corresponde a las áreas de la zona de riego.

**Tabla 4.3-15 Cuadro de cálculo de la ETP – Estación Chirapaca**

Cálculo de la ETP mensual mediante la fórmula de Thornthwaite														
	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	Total
temp	7.5	8.8	9.5	9.8	9.5	9.4	9.2	8.2	6.4	5	4.8	5.9	7.5	
i	1.85	2.35	2.64	2.77	2.64	2.60	2.52	2.11	1.45	1.00	0.94	1.28	1.8	24.17
ETP sin corr	43.8	50.5	54.1	55.6	54.1	53.6	52.6	47.5	38.1	30.6	29.5	35.4	43.8	
nº días mes	30	31	30	31	31	28.25	31	30	31	30	31	31	30.0	
nº horas luz	11.76	12.5	12.9	12.8	12.4	12.2	12.21	11.74	11.37	11.02	11.26	11.52	11.8	
ETP corr.	43.0	54.4	58.2	61.3	57.8	51.3	55.3	46.4	37.3	28.1	28.6	35.1	43.0	556.6

Fuente: Elaboración propia

En los proyectos de irrigación, interesa hacer cálculos previos de las necesidades de agua de los cultivos. Estas necesidades de agua que van a ser satisfechas mediante el riego, viene a constituir la evapotranspiración o el uso consuntivo. El anterior cuadro de cálculo constituye las cantidades de agua en milímetros halladas mediante el método de Thornwaite para las áreas de riego de la parte baja de las presas tomando en cuenta los datos meteorológicos de la Estación Hichucota.

**Tabla 4.3-16 Cuadro de cálculo de la ETP – Estación Huayrocondo**

Cálculo de la ETP mensual mediante la fórmula de Thornthwaite														
	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	Total
temp	7.1	8.6	9.2	9.8	9.8	9.6	9.1	8.3	6	4.6	4.5	5.5	7	
i	1.70	2.27	2.52	2.77	2.77	2.68	2.48	2.15	1.32	0.88	0.85	1.16	1.7	23.55
ETP sin corr	42.3	50.0	53.1	56.1	56.1	55.1	52.6	48.5	36.5	28.8	28.3	33.8	42.3	
nºdías mes	30	31	30	31	31	28.25	31	30	31	30	31	31	30.0	
nº horas luz	11.76	12.5	12.9	12.8	12.4	12.2	12.21	11.74	11.37	11.02	11.3	11.5	11.8	
ETP corr.	41.4	53.9	57.1	61.9	60.0	52.8	55.3	47.5	35.7	26.5	27.4	33.5	41.4	552.9

Fuente: Elaboración propia

**Cálculo de la Evapotranspiración Real anual (ETR):**

Una metodología de cálculo práctica para deducir la ETR, se encuentra basada en la diferencia entre la Precipitación y el escurrimiento. De acuerdo a lo que se muestra a continuación:

**KHARA KHOTA**

ETR (Khara Khota) = P anual – Q anual

ETR (Khara Khota) = 796.5 mm – 0.876 m3/seg

ETR (Khara Khota) = 1.563 m3/seg – 0.876 m3/seg

**ETR (Khara Khota) = 0.687 m3/seg**

**TAYPICHACA**

ETR (Taypichaca) = P anual – Q anual

ETR (Taypichaca) = 796.5 mm – 1.37 m3/seg

ETR (Taypichaca) = 1.563 m3/seg – 1.37 m3/seg

**ETR (Taypichaca) = 0.193 m3/seg**

**COMPARACIÓN DE ETP Y ETR DE LAS CUENCAS**

CUENCA	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (M3/SEG)	EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (M3/SEG)
KHARA KHOTA	1.05	0.687
TAYPICHACA	1.27	0.193

### 4.3.2.8 Precipitación

Se caracteriza por periodos lluviosos cortos entre los meses de noviembre a marzo y periodos secos entre el mes de mayo a octubre, sin embargo cabe mencionar que las precipitaciones varían de acuerdo a la altitud y cercanía a la cordillera de forma que las zonas más susceptibles a las sequías se encuentran en las partes bajas.

Los meses donde por lo general se registra la ocurrencia de mayores intensidades de precipitación están comprendidos entre los meses de Diciembre a Febrero.

A continuación en las siguientes páginas se presentan Mapas respecto a la Precipitación Media Anual, Clasificación de Isoyetas, donde esta contemplada la información de la estación de Hichucota.

Dichas estaciones meteorológicas son de Tercer Orden; es decir donde en el mejor de los casos solo se controlaría los parámetros de precipitación, temperaturas máximas y mínimas, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, humedad relativa y vientos.

Las medidas de dispersión o variabilidad permiten observar como se reparten o dispersan los datos a uno y otro lado del centro. Si la dispersión es poca, indica gran uniformidad de los datos en la distribución. Por el contrario, gran dispersión indica poca uniformidad.

En hidrología el modelo más simple y común, está basado en la suposición de que dos variables se relacionan en forma lineal. Este hecho, permite correlacionar estas variables para completar datos o extender un registro (M. Villón 2005).

Para nuestro caso, se ha correlacionado la precipitación de una estación, con precipitación de otra estación. Sin embargo, al resultar bajas las correlaciones de las estaciones cercanas al proyecto se desestima sus cálculos, llegándose a la conclusión de que los datos son relativamente dispersos.

Resultados de análisis de correlación entre Estaciones Meteorológicas con la utilización de la precipitación media anual como parámetro comparativo.

#### Estaciones Hichucota y Chirapaca:

##### Cálculos con ecuaciones de Regresión Simple

Ecuaciones de ajuste de pares de datos:

Tipo	Ecuación	R	R <sup>2</sup>
Lineal	$Y = 317.1014104 + 0.3367776 * X$	0.35707	0.1275
Exponencial	$Y = 395.1497844 * (1.0004277) ^ X$	0.25834	0.06674
Potencial	$Y = 147.1742507 * X ^ (0.1956933)$	0.18881	0.03565

Cálculo de Y para un valor de X:

Ecuación Lineal:

Para X = 686.2

El valor de Y es:  $Y = 548.1982$

Pares de datos ajustados muy dispersos, por lo que se deduce una baja correlación (ANEXO 1.1).

### Estaciones de Hichucota y Huayrocondo:

Ecuaciones de ajuste de pares de datos:

Tipo	Ecuación	R	R <sup>2</sup>
Lineal	$Y = 142.7404793 + 0.5925395 * X$	0.6185	0.38254
Exponencial	$Y = 224.8938631 * (1.0012624)^X$	0.61291	0.37566
Potencial	$Y = 2.7385327 * X^{(0.8102692)}$	0.64025	0.40992

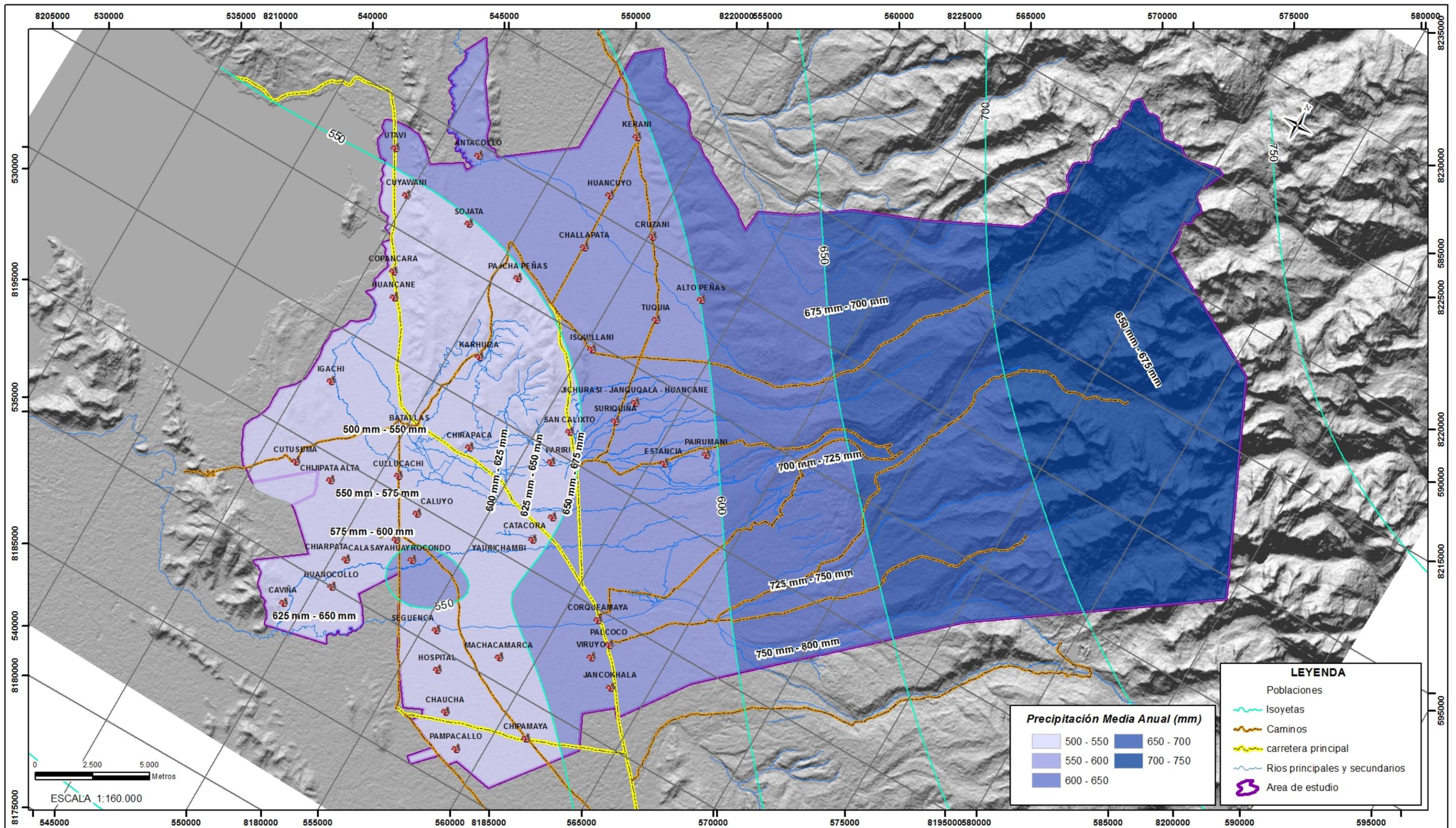
Cálculo de Y para un valor de X:

Ecuación Lineal:

Para X = 686.2

El valor de Y es:  $Y = 549.3411$

Pares de datos ajustados muy dispersos, por lo que se deduce una baja correlación (ANEXO 1.1).



### 4.3.2.9 Precipitación de Proyecto

A continuación se considera conveniente presentar el número de días de precipitación al año que se tiene registrado en la estación de Hichucota, así como una relación de la frecuencia de nevadas y de días de granizo. Posteriormente se efectúa un análisis de verificación de la precipitación máxima probable en mm/hr, empleando la información tanto de IC Rimac como de Prointec.

**Tabla 4.3-17 Estación Hichucota. Frecuencia de precipitación (días)**

AÑO	TOTAL	AÑO	TOTAL	AÑO	TOTAL	AÑO	TOTAL
1974	119	1984	156	1994	93	2004	101
1975	***	1985	138	1995	57	2005	85
1976	96	1986	135	1996	74	2006	102
1977	72	1987	87	1997	86	2007	98
1978	***	1988	***	1998	93	2008	90
1979	***	1989	89	1999	***	2009	102
1980	***	1990	104	2000	90	2010	74
1981	130	1991	98	2001	115	2011	107
1982	139	1992	84	2002	120	2012	94
1983	97	1993	100	2003	***	2013	***

Fuente: Elaboración propia en base a información de SENAMHI.

**Tabla 4.3-18 Estación Hichucota. Frecuencia de nevadas (días)**

AÑO	TOTAL	AÑO	TOTAL	AÑO	TOTAL	AÑO	TOTAL
1974	0	1984	0	1994	0	2004	0
1975	***	1985	0	1995	0	2005	0
1976	0	1986	0	1996	0	2006	0
1977	0	1987	0	1997	0	2007	0
1978	***	1988	***	1998	0	2008	3
1979	***	1989	0	1999	***	2009	0
1980	***	1990	0	2000	0	2010	0
1981	17	1991	0	2001	0	2011	1
1982	5	1992	0	2002	0	2012	2
1983	0	1993	0	2003	***	2013	***

Fuente: Elaboración propia en base a información de SENAMHI.

En el cuadro de registro de nevadas se puede apreciar que los días de nevada en la estación Hichucota que se encuentra en inmediaciones del proyecto del Khara Khota son escasos, lo que no significa que en cotas más altas y en cabeceras de glaciares no existan nevadas. En contraposición a los días con granizadas que son relativamente más frecuentes, de acuerdo a los datos puntuales de la estación.

**Tabla 4.3-19 Estación Hichucota. Frecuencia de granizadas (días)**

AÑO	TOTAL	AÑO	TOTAL	AÑO	TOTAL	AÑO	TOTAL
1974	0	1984	0	1994	0	2004	6
1975	***	1985	0	1995	0	2005	8
1976	3	1986	0	1996	0	2006	7
1977	0	1987	0	1997	0	2007	6
1978	***	1988	***	1998	0	2008	11
1979	***	1989	0	1999	***	2009	13
1980	***	1990	0	2000	0	2010	2
1981	8	1991	0	2001	0	2011	7
1982	1	1992	0	2002	0	2012	2
1983	0	1993	0	2003	***	2013	***

Fuente: Elaboración propia en base a información de SENAMHI.

**Tabla 4.3-20 Estación Hichucota. Precipitación máxima en 24 horas (mm)**

AÑO	TOTAL	AÑO	TOTAL	AÑO	TOTAL	AÑO	TOTAL
1974	36.8	1984	22.5	1994	19.4	2004	21.4
1975	***	1985	26.8	1995	19.8	2005	20.3
1976	28.5	1986	22.3	1996	18.7	2006	20.1
1977	30.5	1987	18.6	1997	23.4	2007	22.5
1978	***	1988	***	1998	23.8	2008	23.6
1979	***	1989	20.9	1999	***	2009	22.8
1980	***	1990	20.8	2000	18.2	2010	22.8
1981	30.5	1991	20.6	2001	19.6	2011	26.3
1982	23.1	1992	27.5	2002	19.6	2012	22.8
1983	30.6	1993	21.8	2003	***	2013	***

Fuente: Elaboración propia en base a información de SENAMHI.

Del cuadro anterior se deduce que el promedio de la precipitación máxima en 24 horas es de **23.34 mm** considerando 32 años de información (1974-2012).

Para el cálculo de la intensidad máxima en mm/hora se utiliza la información estadística existente, deduciéndose la ecuación de las curvas intensidad, duración y frecuencia con el empleo del software Hidroesta para los mismos tiempos de duración de lluvias y los periodos de retorno especificados por las otras consultoras.

El resultado es una ecuación de ajuste de correlación potencial múltiple:

$$I_{M\acute{a}x} = \frac{235.1486 * T^{0.1686}}{D^{0.9103}}$$

Donde:

I = Intensidad de lluvia [mm/h]

T= Periodo de retorno [Años]

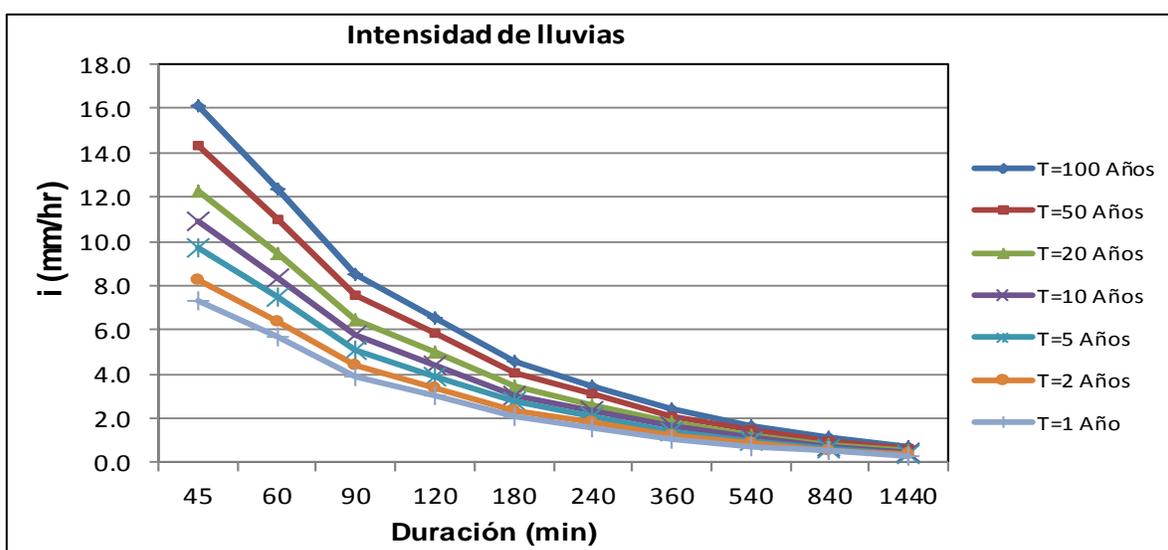
D= Duración [minutos]

De donde, consiguientemente, llegó a definir las Intensidades, duración y frecuencia para diferentes periodos de retorno de la Estación Hichucota; a través del tratamiento de información estadística existente. Dicha información se presenta en la tabla siguiente:

**Tabla 4.3-21 Estación Hichucota. I – D – F (mm/hora)**

Periodo de Retorno T	INTENSIDAD DURACIÓN FRECUENCIA (mm/hora)									
	Duración de la lluvia en minutos									
	45	60	90	120	180	240	360	540	840	1440
100	16.1	12.4	8.5	6.6	4.5	3.5	2.4	1.7	1.1	0.7
50	14.3	11.0	7.6	5.8	4.0	3.1	2.1	1.5	1.0	0.6
20	12.3	9.4	6.5	5.0	3.5	2.6	1.8	1.3	0.8	0.5
10	10.9	8.4	5.8	4.4	3.1	2.3	1.6	1.1	0.8	0.5
5	9.7	7.5	5.1	3.9	2.7	2.1	1.4	1.0	0.6	0.4
2	8.3	6.4	4.4	3.4	2.3	1.8	1.2	0.9	0.6	0.4
1	7.3	5.7	3.9	3.0	2.1	1.6	1.1	0.8	0.5	0.3

Fuente: Elaboración propia en base a información del proyecto.



**Figura 4.3-6 Gráfico I-D-F – Estación Hichucota**

Fuente: Elaboración propia en base a información del proyecto.

**Tabla 4.3-22 Intensidad de lluvias (mm/hr)**

Duración (Mín)	PERIODO DE RETORNO (Años)				
	50	100	200	500	1000
5	105.70	118.09	132.72	154.89	174.08
10	55.90	62.83	70.62	82.41	92.63
15	38.65	43.44	48.82	56.98	64.04
30	20.57	23.11	25.98	30.32	34.07
60	10.94	12.30	13.82	16.13	18.13
120	5.82	6.54	7.35	8.58	9.65
180	4.03	4.52	5.08	5.93	6.67
480	1.65	1.85	2.08	2.43	2.73
720	1.14	1.28	1.44	1.68	1.89
1440	0.61	0.68	0.77	0.89	1.00

Fuente: Elaboración propia en base a información del proyecto.

**Tabla 4.3-23 Precipitación Total (mm) (1974 – 2012)**

AÑO	TOTAL	AÑO	TOTAL	AÑO	TOTAL	AÑO	TOTAL
1974	839.7	1984	899.7	1994	476.5	2004	620.5
1975	***	1985	962.7	1995	352.8	2005	540.7
1976	912.9	1986	884.5	1996	490.1	2006	594.3
1977	893.8	1987	531.0	1997	676.8	2007	651.0
1978	***	1988	***	1998	663.1	2008	701.2
1979	***	1989	494.5	1999	***	2009	709.4
1980	***	1990	753.4	2000	719.0	2010	563.1
1981	789.7	1991	658.7	2001	990.5	2011	859.6
1982	720.3	1992	585.1	2002	575.4	2012	609.4
1983	600.8	1993	637.6	2003	***	2013	***

Fuente: Elaboración propia conforme a Informe de Prointec

Por otro lado, a continuación se efectúa una comparación de las precipitaciones extremas entre la Consultora CPM y PROINTEC efectuándose la verificación y el tratamiento de la información respecto a las precipitaciones de la Estación Hichucota:

**Tabla 4.3-24 Precipitaciones – Cuadro comparativo**

RESUMEN DE LAS PRECIPITACIONES	IC Rimac	PROINTEC	CPM
Precipitación Máxima Anual (mm)	1005.7	990.5	990.5
Precipitación Mínima Anual (mm)	352.8	352.8	352.8
Precipitación Promedio Anual (mm)	690.83	674.8	686.2

Fuente: Elaboración propia en base a información de SENAMHI.

#### 4.3.2.9.1 Precipitación zona de riego (Estaciones Chirapaca y Huayrocondo)

Se analiza información de 22 años (1991-2013) de las dos estaciones representativas ubicadas aguas abajo de las presas, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 4.3-25 Resumen Precipitaciones – Cuadro comparativo**

RESUMEN DE LA PRECIPITACIONES	Chirapaca	Huayrocondo	PROMEDIO
Precipitación Máxima Anual (mm)	918.4	816.3	867.4
Precipitación Mínima Anual (mm)	341.5	452.6	397.1
Precipitación Promedio Anual (mm)	536.3	573.0	554.7
Precipitación Máxima en 24 horas	40.0	40.6	40.3

Fuente: Elaboración propia en base a información de SENAMHI.

#### 4.3.2.10 Precipitación máxima probable

Al no contarse con información necesaria para el empleo de métodos físicos para la verificación de la precipitación máxima probable PMP se recurrirá a utilizar un método estadístico. Dentro del enfoque estadístico se emplea el método original de Hershfield (1961) en base a la evaluación de 2645 estaciones, la mayoría de ellas en los Estados Unidos.

La PMP se estima como la media de las serie de precipitaciones máximas en 24 horas ( $X_n$ ) más un factor de frecuencia “km” multiplicado por la desviación estándar ( $S_n$ ). En el planteamiento original de Hershfield (1961) el factor de frecuencia “km” se determina a información de la misma serie.

$$PMP = X_n + km \cdot S_n$$

Según el planteamiento original de Hershfield (1961) km se puede estimar como:

$$km = \frac{X_n - X_{n-1}}{S_{n-1}}$$

Donde  $X_{n-1}$  y  $S_{n-1}$  son la media y desviación estándar de la serie excluyendo el máximo valor observado. Por otra parte, se debe aplicar un factor de corrección a  $X_n$  y a  $S_n$  en función de la longitud del registro, de acuerdo a las relaciones que se muestran en las siguientes figuras.

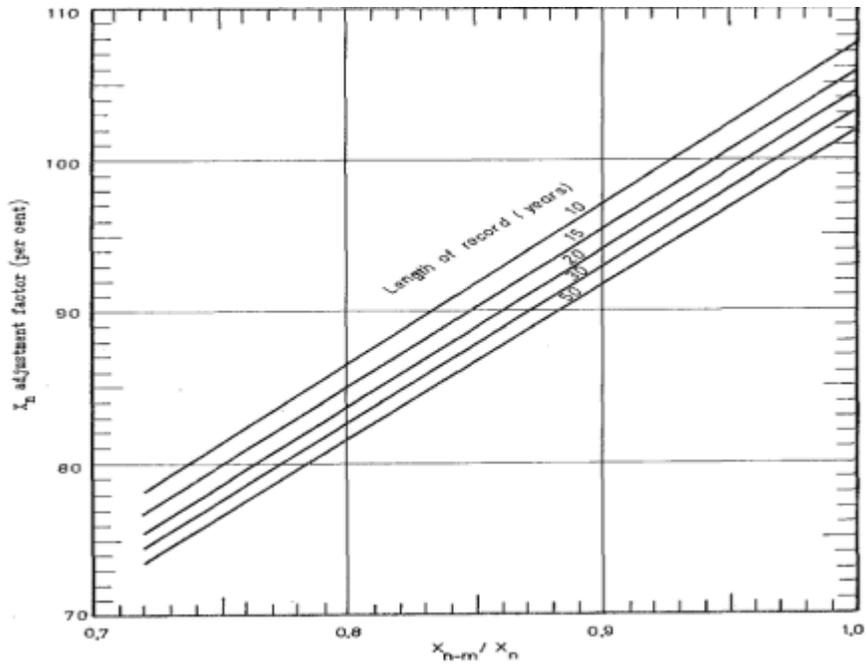


Figura 4.3-7 Factor de corrección de la media

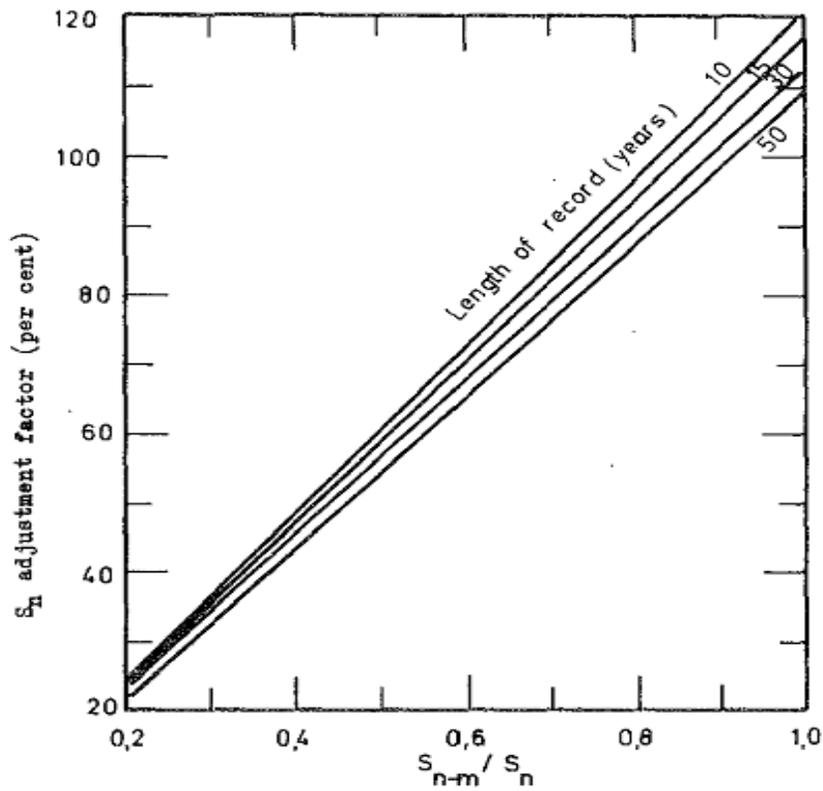


Figura 4.3-8 Factor de corrección de la desviación estándar  $S_n$

En la siguiente tabla se muestra el cálculo y resultados de la PMP (precipitación máxima probable).

**Tabla 4.3-26 Precipitación Máxima Probable**

Longitud de la serie	n	32
Promedio	Xn	23.34
Desviación estándar	Sn	4.31
Valor máximo observado	Xmáx	36.8
Promedio sin el máximo	Xn-1	22.91
Desviación estándar sin el máximo	Sn-1	3.61
Factor de Frecuencia	km	3.85
<b>Corrección de Xn</b>		
	(Xn-1)/Xn	0.98
factor de corrección	$\alpha Xn$	1.02
Xn corregido	Xn corr	23.81
<b>Corrección de Sn</b>		
	(Sn-1)/Sn	0.84
factor de corrección	$\alpha Sn$	0.95
	Sn corr	4.10
<b>Precipitación Máxima Probable</b>	<b>PMP</b>	<b>52.6</b>

#### 4.3.2.11 Clasificación climática de la zona

Se analiza una clasificación climática preliminar según Köppen y otra clasificación según Thornwaite y Matter.

#### Clasificación climática general según Köppen

Según la clasificación climática mundial de Köppen, el área del proyecto está clasificado como clima de altura Grupo H, lo que se encuentra ilustrado en el mapa siguiente. (Ver Figura 4.3-9).

Donde específicamente, de acuerdo a Köppen (Montes de Oca) los tipos de clima existentes son los siguientes:

#### Clima seco (B):

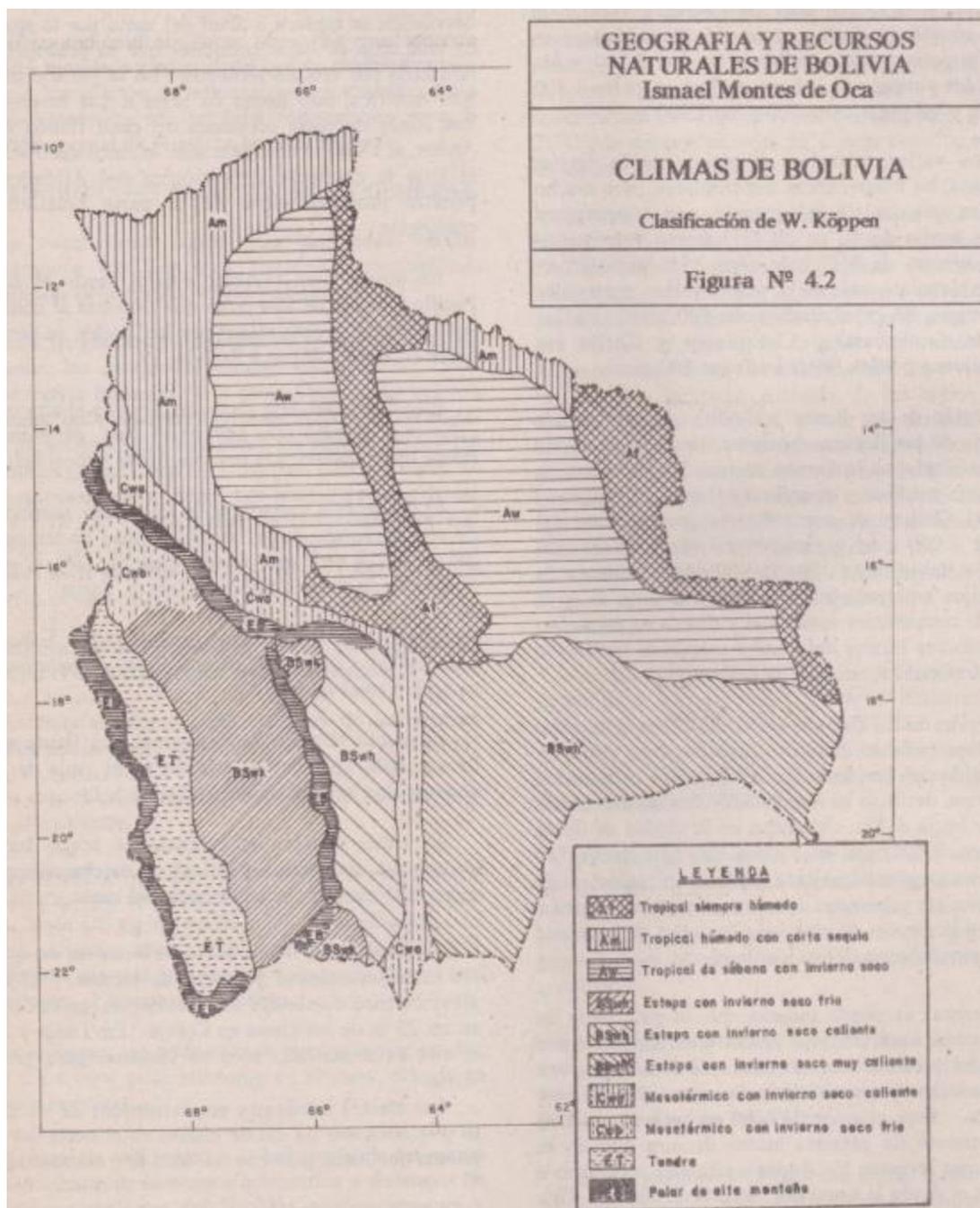
Clima de estepa con invierno seco y frío (Bswk) faldas de la Cordillera Oriental.

#### Clima mesotérmico ó templado (C):

Clima templado con invierno seco frío (Cwb) corresponde a la zona aledaña al lago Titicaca.

Climas fríos (E)

- ✓ Clima de tundra (ET) en los flancos más bajos de las cordilleras y parte del altiplano.
- ✓ Clima de alta montaña (EB) corresponde a las altas cumbres de las cordilleras que están cubiertas de nieve o hielo la mayor parte del año.



**Figura 4.3-9 Clasificación climática de Bolivia**

Fuente: Ver figura

### Clasificación climática según Thornthwaite y Matter

Para el cálculo de las necesidades hídricas del sistema planta-suelo, se requiere conocer el Balance Hídrico edafológico o el índice de humedad a través de la evapotranspiración potencial (ETP), que comprende la evaporación del suelo y la transpiración de la planta mediante las hojas; para lo cual uno de los más conocidos es el método de Thornthwaite.

**Tabla 4.3-27 Tabla de balance hidrico (Thornthwaite y Matter)**

Hichucota; Alt.: 4460m; Lat.: 16° 10' 36''											
Mes	T	P	ETP	P - ETP	ppa	ST	ΔST	ETR	Dh	S	%S(P)
Enero	6.82	172.27	51.62	120.65	0	125	39.17	51.62	0	81.48	23.68
Febrero	6.82	138.1	50.67	87.43	0	125	0	50.67	0	87.43	46.43
Marzo	6.87	95.99	49.03	46.96	0	125	0	49.03	0	46.96	57.86
Abril	6.84	39.17	47.43	-8.26	-8.26	117	-8	47.17	-0.26	0	70.89
Mayo	5.98	13.89	41.03	-27.14	-35.4	94	-23	36.89	-4.14	0	99.96
Junio	4.94	11.68	35.04	-23.36	-58.76	77	-17	28.68	-6.36	0	59.44
Julio	4.46	5.25	32.73	-27.48	-86.25	62	-15	20.25	-12.48	0	66.11
Agosto	4.89	12.75	35.88	-23.13	-109.37	51	-11	23.75	-12.13	0	13.61
Septiembre	5.41	18.52	39.98	-21.46	-130.84	43	-8	26.52	-13.46	0	4.69
Octubre	6.36	35.22	47.08	-11.86	-142.7	39	-4	39.22	-7.86	0	1.23
Noviembre	7.02	57.73	52.3	5.43	0	44.43	5.43	52.3	0	0	0.38
Diciembre	7.17	95.55	54.15	41.4	0	85.83	41.4	54.15	0	0	0.11
<b>TOTAL</b>	<b>6.13</b>	<b>696.12</b>	<b>536.95</b>	<b>159.17</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>480.25</b>	<b>-56.7</b>	<b>215.87</b>	<b>37.03</b>

Fuente : SENAMHI

T: temperatura en °C

P: Precipitación en mm

ETP: Evapotranspiración potencial en mm

P – ETP: Pérdidas o adiciones de humedad de agua en el suelo

ppa: Pérdida potencial acumulada

ST: Agua capilar contenida en el suelo

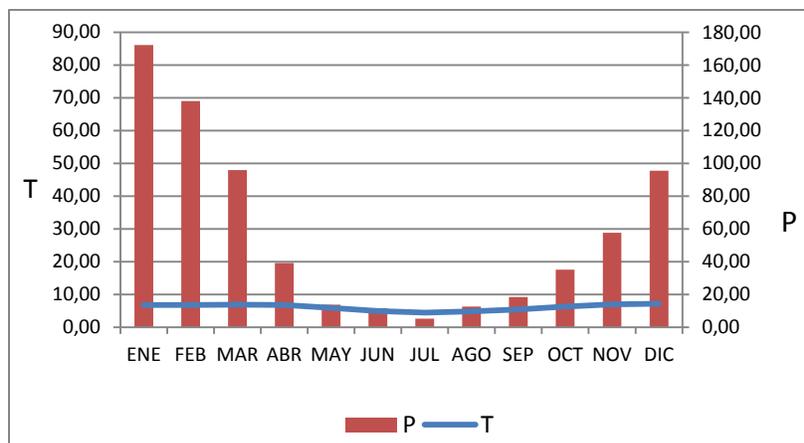
ΔST: Cambios del agua almacenada en el suelo

ETR: Evapotranspiración real

Dh: Déficit de humedad

S: Excedente de humedad

%S(P): Porcentaje de excedencia



**Figura 4.3-10 Diagrama Ombrotermico de Gausson**

Fuente : Elaboración propia.

El diagrama ombrotérmico de Gausson permite identificar el período seco en el cual la precipitación es inferior a dos veces la temperatura media (como aproximación a la sequedad estacional considerando  $2 \cdot t_m$  una estimación de la evapotranspiración). Para su representación, en el eje X se ponen los doce meses del año y en un doble eje Y se pone en un lado las precipitaciones medias mensuales (en mm) y en el otro las temperaturas medias mensuales (en °C). Se debe considerar que la escala de precipitaciones debe ser doble que la de temperaturas. Esto es, por cada °C en temperatura se toma un par de mm en precipitación. Así a un valor de 20 °C le corresponde en la misma línea el valor de 40 mm.

Si  $P \leq 2 \cdot t_m$  la curva de precipitaciones estará por debajo de la curva de temperaturas y el área comprendida entre las dos curvas nos indicará la duración e intensidad del período de sequía.

Del balance hídrico ajustado, podemos concluir que se tiene déficit hídrico desde mediados de Abril hasta mediados del mes de Agosto.

El período de máxima necesidad hídrica es el comprendido entre mediados de Abril y Medios de Julio, siendo los meses de equilibrio son Marzo y Noviembre.

A partir de los resultados de la Tabla 4.3-27, podemos determinar el tipo de clima, para lo cual se hace necesario determinar los índices característicos de: Humedad, Aridez e Hídrico Global, asimismo de la Eficiencia Térmica, definidos como:

También efectuamos un cálculo de la clasificación de la aridez según Martonne:

Su valor se calcula mediante la fórmula  $I = P / (T + 10)$  a partir de los datos obtenidos (siendo T la temperatura media anual y P la cantidad total anual de agua caída en litros).

> 40 - húmeda

30-40 Subhúmeda

20-30 Semiárida

10-20 Árida o esteparia

5-10 Subdesértica

0-5 Desértica

Con:  $T = 6.13^{\circ}$  y  $P = 696.12$  mm se tiene  $I = 43.15$

De donde según este autor se clasificaría como una **región húmeda**.

Según Thornthwaite la clasificación climática es la siguiente:

$$I_{aridez} = 100 \cdot \sum X_{II} = I_{Fi} / ETP$$

$$I_{aridez} = 56.7 * 100 / 536.95$$

$$I_{aridez} = 10.55$$

$$I_{humedad} = 100 \cdot \sum X_{II} = I_{Exi} / ETP$$

$$I_{humedad} = 100 * 215.87 / 536.94$$

$$I_{humedad} = 40.20$$

$$I_{Hídrico Global} = I_h - (0.6 * I_a)$$

$$I_{Hídrico Global} = 40.2 - (0.6 * 10.55)$$

$$I_{Hídrico Global} = 33.87$$

Eficiencia Térmica (E.T.) = ETP = 536.95 mm.

Para la caracterización climática, nos basamos en las Tablas 4.3-28, 4.3-29 y 4.3-30, definidas por Thornthwaite, las mismas que se describen a continuación.

**Tabla 4.3-28 Regiones de Humedad**

SÍMBOLO	TIPO CLIMATICO	VEGETACION	Hídrico Global
A	PER HUMEDO	BOSQUE LLUVIOSO	>100
B4	HUMEDO	BOSQUE	80/100
B3	HUMEDO	BOSQUE	60/80
B2	HUMEDO	BOSQUE	40/60
B1	HUMEDO	BOSQUE	20/40
C2	SUB-HUMEDO	PRADERA O SABANA	0/20
C1	SECO SUB-HUMEDO	PRADERA O SABANA	-20/0
D	SEMI ARIDO	ESTEPA	-40/-20
E	ARIDO	DESIERTO	-60/-40

**Tabla 4.3-29 Sub tipos climáticos para climas Húmedos (A, B, C2)**

SIMBOLO	TIPO CLIMATICO	Aridez
r	Poca o ninguna deficiencia de agua	0-16.7
s	Moderado déficit de agua en Verano	16.7-33.3
w	Moderado déficit de agua en Invierno	16.7-33.3
s2	Gran déficit de agua en Verano	>33.3
w2	Gran déficit de agua en Invierno	>33.3

**Tabla 4.3-30 Eficiencia Térmica**

SIMBOLO	TIPO DE CLIMA	E.T.
E	Helado permanente	<142
d	Tundra	142/285
c2	Microtérnico	285/427
c'1	Microtérnico	427/570
b'1	Microtérnico	570/712
b'2	Mesotérnico	712/855
b'3	Mesotérnico	855/997
b'4	Mesotérnico	997/1140
a'	Mesotérnico	>1140

Habiéndose obtenido el siguiente tipo de clima:

B1rc'1 CLIMA HÚMEDO SABANA, CON POCA O NINGUNA DEFICIENCIA DE AGUA, MICROTÉRMICO.

### 4.3.3 Hidrología

#### 4.3.3.1 Localización

Se hace notar que los ríos Jacha Jahuirá y Kullu Kachi, comprenden las siguientes subcuencas en orden de aguas arriba hacia aguas abajo:

#### RIO JACHA JAHUIRA:

Subcuenca JANKHO KHOTA y KHOTIA KHOTA

Subcuenca KHARA KHOTA (Presa actual)

Subcuenca HICHU KHOTA

#### RIO KULLU KACHI:

Subcuencas altas: ALLKA KHOTA y JAILLAYCO

Subcuenca: TAYPICHACA (Presa actual)

Subcuenca: LINKU PUNKU

#### 4.3.3.2 Análisis hidrológico de aportes de agua río Jacha Jahuira

El análisis hidrológico del área correspondiente a la cuenca del río Jacha Jahuira está hecho en base a los mapas o planos proporcionados del Instituto Geográfico Militar. Esc. 1:50.000; producto de la restitución fotogramétrica.

El mapa topográfico muestra una serie de subcuencas orientadas hacia el cuerpo de la laguna existente en varias direcciones; es decir, de norte a Sud, de Este a Oeste y de Oeste a Este respectivamente; llegándose a identificar en el mapa numerosas microcuencas existentes que nacen en las partes altas.

El área de estudio de la cuenca del río Jacha Jahuira que se divide en las subcuencas: Jhanko Khota, Khotia Khota, Khara Khota y Hichu Khota hasta llegar a la toma derivadora, en general al igual que todo el sector circundante está formado por varias quebradas y riachuelos de gran pendiente por lo que se tiene presente material de arrastre de tipo coluvial durante la ocurrencia de precipitaciones en el año, llegando a existir un régimen de escurrimiento particular en los distintos cursos de agua de la región.

El área total de la zona de estudio de Khotia Khota es de 4466 Ha, lugar donde se encuentra la laguna Khotia para el futuro embalse a construirse dentro del proyecto de riego y agua potable para la ciudad de El Alto.

La zona del proyecto de embalse se encuentra orientada y delimitada hacia el Este por un farallón de fuerte depresión que colinda hacia el lado Este con la cuenca del Taypichaca; siendo circundado por varios cerros de la cordillera de Los Andes. Su forma es más o menos rectangular, es decir; con uno de sus lados alargado al igual que la laguna ubicada en el área central.

En la identificación de las diferentes microcuencas y quebradas se definen un total de 20 subcuencas en el área del proyecto, denominadas para este caso como 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 y 20 respectivamente.

La dirección de las subcuencas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, y 10 son hacia el Sud – Este bajando; y de las restantes subcuencas; es decir, de la 11 hasta la 20 son hacia el Nor – Oeste, respectivamente.

A partir del siguiente acápite se presenta las características morfométricas de las subcuencas donde se hallan ubicados los embalses.

#### 4.3.3.3 Características morfométricas – Cuenca Khotia Khota

A continuación se presentan un cuadro resumen de las características físico geométricas para toda el área que comprende la cuenca:

**Tabla 4.3-31 Morfometría de la cuenca Khotia Khota**

Subcuenca	Área	Perímetro	L río	H máx(C)	H mín(C)	H máx(R)	H mín(R)	Índice de Compac.
	( Km <sup>2</sup> )	( m )	( km )	m.s.n.m.	m.s.n.m.	m.s.n.m.	m.s.n.m.	
1	0.832	4075.55	0.5800	5056	4400	4800	4400	1.26
2	1.182	4781.13	1.0860	5222	4400	4990	4400	1.24
3	1.802	5377.41	1.9900	5318	4400	5100	4400	1.13

**PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE**

Subcuenca	Área	Perímetro	L rio	H máx(C)	H mín(C)	H máx(R)	H mín(R)	Indice de
	( Km2 )	( m )	( km )	m.s.n.m.	m.s.n.m.	m.s.n.m.	m.s.n.m.	Compac.
4	2.135	6945.50	1.4350	5318	4400	5000	4400	1.35
5	1.799	7337.20	1.6040	5589	4450	5000	4450	1.55
6	2.228	8171.40	1.6360	5458	4580	5040	4580	1.55
7	1.660	6729.10	1.5170	5598	4580	5100	4580	1.48
8	1.170	5267.50	1.1420	5400	4690	5190	4690	1.38
9	7.832	12886.40	3.5870	5424	4690	5300	4690	1.30
10	2.040	6107.20	1.3520	5512	4800	5260	4800	1.21
11	3.146	8805.40	2.6910	5368	4800	5300	4800	1.41
12	2.530	6677.20	1.3810	5250	4690	5150	4690	1.19
13	0.935	4063.40	0.8920	5428	4690	5120	4690	1.19
14	0.485	3408.20	0.9060	5300	4580	5100	4580	1.39
15	4.290	9269.30	1.3870	5468	4550	5100	4550	1.27
16	1.691	5725.60	1.9870	5238	4480	5150	4480	1.25
17	1.497	5702.90	1.2730	5238	4400	4950	4400	1.32
18	1.637	5316.40	1.7800	5248	4400	5060	4400	1.18
19	1.451	6110.40	2.2810	5248	4400	5050	4400	1.44
20	1.947	6916.00	1.6430	5248	4400	4980	4400	26.48

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.3-31 Morfometría de la cuenca Khotia Khota (Continuación)**

Subcuenca	Rec.Equi.	Rec.Equi.	Radio de	Factor	Indice	Pend.	Alejam.
	Lr (km)	l (km)	elongac.	forma	pend. %	media %	medio
1	1,0302	1,0302	0,9917	0,7840	7,98	68,97	0,64
2	1,7359	0,6811	0,7015	0,3923	6,88	54,33	1,00
3	1,5719	1,1466	0,9566	0,7294	7,64	35,18	1,48
4	2,7290	0,7822	0,5996	0,2866	5,80	41,81	0,98
5	3,1356	0,5737	0,4791	0,1830	6,03	34,29	1,20
6	3,4932	0,6377	0,4785	0,1826	5,01	28,12	1,10
7	1,7009	1,7009	0,8484	0,5739	7,74	34,28	1,18
8	2,1080	0,5549	0,5746	0,2632	5,80	43,78	1,06
9	4,9238	1,5907	0,6366	0,3231	3,86	17,01	1,28
10	2,1296	0,9579	0,7511	0,4498	5,78	34,02	0,95
11	2,2257	2,2257	0,8925	0,6350	5,05	18,58	1,52
12	1,6878	1,6878	1,0556	0,6350	5,76	31,14	1,43
13	1,0271	1,0271	1,0544	0,8862	8,48	58,30	1,28
14	0,8615	0,8615	0,9056	0,6539	9,14	60,71	0,44
15	2,3430	2,3430	0,9902	0,7816	6,26	39,65	0,67
16	1,4472	1,4472	1,0065	0,8075	7,24	33,72	1,53
17	1,4415	1,4415	0,9506	0,7204	7,62	43,21	1,04
18	1,3438	1,3438	1,0664	0,9065	7,94	37,08	1,39
19	1,5445	1,5445	0,8736	0,6084	7,41	28,50	1,89
20	1,7481	1,7481	0,8941	0,6373	6,96	35,30	1,18

Fuente: Elaboración propia

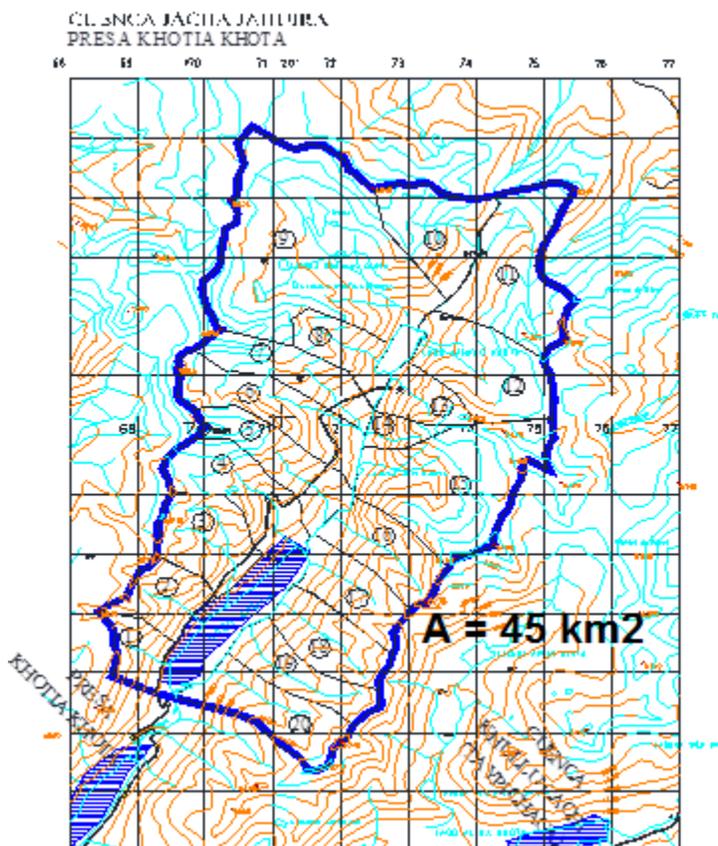


Figura 4.3-11 Microcuencas y Laguna Khotia

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.3.4 Morfometría - Cuenca Khara Khota

Repitiéndose la misma metodología de cálculo anterior respecto a las características y parámetros morfométricos que conforman las subcuencas del río Jacha Jahuira en este sector, a continuación en el siguiente cuadro se presenta un resumen de las características correspondientes al sector de Khara Khota.

Tabla 4.3-32 Morfometría de la cuenca Khara Khota

Subcuenca	Área ( Km2 )	Perímetro ( m )	L rio ( km )	H máx(C) m.s.n.m.	H mín(C) m.s.n.m.	H máx(R) m.s.n.m.	H mín(R) m.s.n.m.	Índice de Compac.
1	1,600	5097,00	0,3000	4580	4400	4550	4400	1,14
2	0,791	3717,90	0,4510	4650	4400	4500	4400	1,18
3	0,666	3385,20	0,7340	4750	4400	4640	4400	1,17
4	0,814	3966,70	0,9700	4785	4400	4660	4400	1,24
5	0,566	3840,00	0,9940	4850	4400	4770	4400	1,45
6	0,364	2869,30	1,0390	4900	4400	4850	4400	1,35
7	1,165	4716,40	0,8280	4974	4400	4800	4400	1,24
8	1,294	5448,80	1,7980	5120	4450	4980	4450	1,36
9	0,756	4381,40	1,6310	5138	4400	4900	4400	1,43

Subcuenca	Área	Perímetro	L rio	H máx(C)	H mín(C)	H máx(R)	H mín(R)	Índice de
	( Km <sup>2</sup> )	( m )	( km )	m.s.n.m.	m.s.n.m.	m.s.n.m.	m.s.n.m.	Compac.
10	1,289	4869,20	0,9640	5085	4400	4710	4400	1,21
11	1,723	5559,00	0,6420	4800	4400	4500	4400	1,20
12	1,953	6023,40	1,1310	4780	4400	4600	4400	1,22
13	1,524	6031,50	0,6990	4530	4400	4480	4400	1,38

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.3-32 Morfometría de la cuenca Khara Khota (Continuación)

Subcuenca	Rec.Equi.	Rec.Equi.	Radio de	Factor	Indice	Pend.	Alejam.
	Lr (km)	l (km)	elongac.	forma	pend. %	media %	medio
1	1,2884	1,2884	1,0997	0,9640	3,74	50,00	0,24
2	1,2428	0,6368	0,8017	0,5124	4,49	22,17	0,51
3	1,1136	0,5977	0,8205	0,5367	5,61	32,70	0,90
4	1,4399	0,5654	0,7018	0,3927	5,17	26,80	1,08
5	1,5840	0,3573	0,5319	0,2256	5,33	37,22	1,32
6	1,1280	0,3225	0,5989	0,2859	6,66	43,31	1,72
7	1,1922	1,1922	1,0141	0,8198	6,94	48,31	0,77
8	2,1541	0,6005	0,5914	0,2788	5,58	29,48	1,58
9	1,7937	0,4213	0,5428	0,2349	6,41	30,66	1,88
10	1,7058	0,7558	0,7455	0,4431	6,34	32,16	0,85
11	1,4051	1,4051	1,0462	0,8725	5,34	15,58	0,49
12	1,5225	1,5225	1,0281	0,8725	5,00	17,68	0,81
13	1,5246	1,5246	0,9070	0,6559	2,92	11,44	0,57

Fuente: Elaboración propia

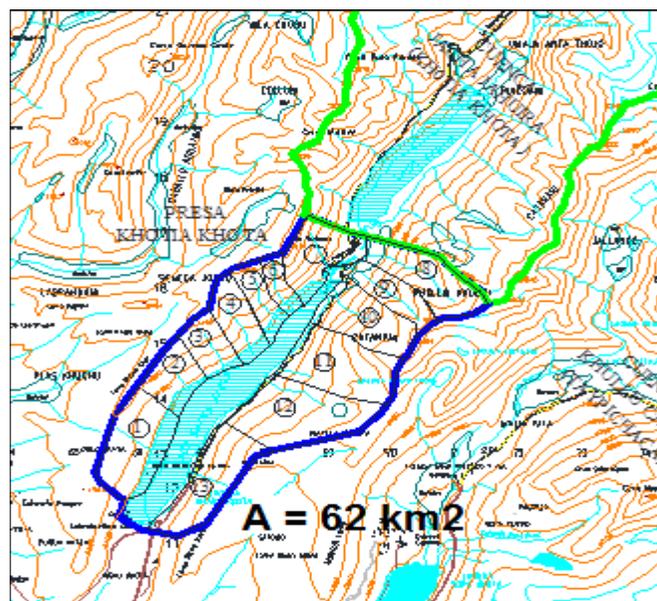


Figura 4.3-12 Subcuencas y Lago Khara Khota

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3.5 Análisis hidrológico de aportes de agua río Linku Punku

La ubicación de esta cuenca está orientado hacia el lado Este con relación a la cuenca del río Jacha Jahuirá. La cuenca del río Linku tiene una extensión de 83.45 Km<sup>2</sup> y se subdivide en las subcuencas de Jaillayco y Allka Khota en la cota más alta y en las subcuencas de Taypichaca lugar donde se encuentra la presa y Linku Punku aguas abajo.

En la siguiente figura se muestra la delimitación de las tres primeras subcuencas en la parte superior y de la subcuenca Linku Punku delimitada en la parte inferior.

#### 4.3.3.6 Características morfométricas cuenca Taypichaca

A continuación se presenta el cuadro resumen correspondiente.

**Tabla 4.3-33 Morfometría de la cuenca Taypichaca**

Subcuenca	Área ( Km <sup>2</sup> )	Perímetro ( m )	L rio (km)	H máx(C) m.s.n.m.	H mín(C) m.s.n.m.	H máx(R) m.s.n.m.	H mín(R) m.s.n.m.	Índice de Compac.
1	8,894	15533,50	3,7524	4968	4300	4800	4300	1,47
2	4,958	12083,00	2,2798	5000	4300	4900	4300	1,54
3	3,810	12410,80	3,0872	5100	4300	4700	4300	1,80
4	8,791	14301,10	3,3893	5200	4450	5100	4450	1,37
5	4,589	9213,80	1,1477	5100	4600	4840	4600	1,22
6	3,639	8628,50	2,0212	4900	4600	4700	4600	1,28
7	10,587	16010,70	3,5170	5200	4600	5000	4600	1,39
8	14,225	16203,40	5,6690	5465	4460	5100	4460	1,22
9	4,478	10109,10	1,9910	5248	4400	4800	4400	1,35
10	3,315	12718,80	1,9206	5234	4330	4650	4330	1,98
11	3,263	7606,00	0,9190	4900	4300	4600	4300	1,19
12	4,639	9784,00	2,0520	4700	4300	4550	4300	1,29

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.3-33 Morfometría de la cuenca Taypichaca (Continuación)**

Subcuenca	Rec.Equi. Lr (km)	Rec.Equi. l (km)	Radio de elongac.	Factor forma	Índice pend. %	Pend. media %	Alejam. medio
1	6,4803	1,3724	0,5154	0,2118	4,12	13,32	1,26
2	5,1447	0,9637	0,4847	0,1873	3,69	26,32	1,02
3	5,5928	0,6813	0,3909	0,1218	3,78	12,96	1,58
4	5,6829	1,5469	0,5843	0,2722	3,63	19,18	1,14
5	3,2425	1,4154	0,7400	0,4365	3,93	20,91	0,54
6	3,2382	1,1238	0,6598	0,3470	3,04	4,95	1,06
7	6,4535	1,6405	0,5647	0,2542	3,85	11,37	1,08
8	5,6924	2,4990	0,7421	0,4390	4,20	11,29	1,50
9	3,9876	1,1229	0,5943	0,2816	4,61	20,09	0,94
10	5,8645	0,5653	0,3477	0,0964	3,93	16,66	1,05
11	2,5811	1,2640	0,7838	0,4897	5,59	32,64	0,51
12	3,6883	1,2579	0,6541	0,4897	4,02	12,18	0,95

Fuente: Elaboración propia

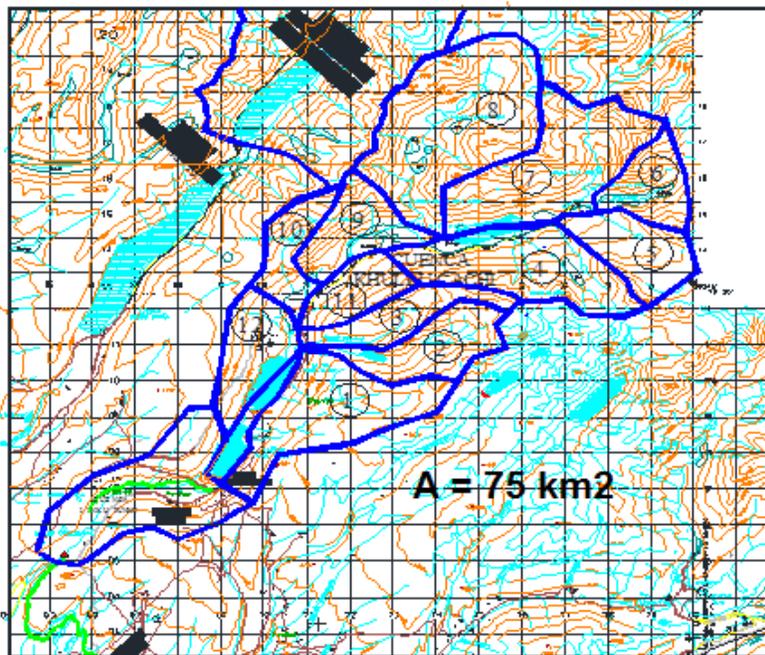


Figura 4.3-13 Cuencas del río Linku Punku

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3.7 Curvas de Duración de Caudales Jacha jahuira

A continuación se efectúa el análisis de la información a través de la curva de duración analizando los diferentes caudales de diseño que describe la Consultora PROINTEC en su informe, llegando a las conclusiones respectivas para las probabilidades de su igualación o excedencia para las diferentes demandas. Tomando para cada caso los promedios mensuales de los 37 años de información disponible.

#### **Análisis de las curvas de duración con datos mensuales:**

##### **SUBCUENCA KHOTIA KHOTA**

De acuerdo a lo previsto en el proyecto de esta subcuenca se debe disponer de los siguientes caudales (de acuerdo al Estudio de Regulación de PROINTEC):

1. Caudal de agua potable para la ciudad de El Alto = 11.04 Hm<sup>3</sup>/año
2. Caudal para riego de Khara Khota (\*) = 19.98 Hm<sup>3</sup>/año
3. Caudal para riego Aynocas (Presa Khotia Khota) = 2.96 Hm<sup>3</sup>/año

(\*): Para comunidades de cotas altas organizadas alrededor de la asociación de regantes de Suriquiña y Tupac Katari.

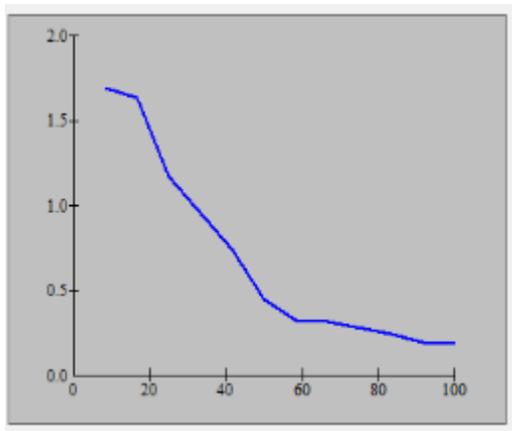
Para los tres casos los valores están tomados en base a información extractada del Estudio de Regulación de la Consultora PROINTEC con los 38 años de información. (Años 1974 – 2011)

La información desarrollada por el programa computacional se encuentra en el ANEXO 1.2.

**CASO 1:**

Se analiza la curva de duración para la demanda de 350 l/seg.

Resultados de los cálculos de la curva de duración:

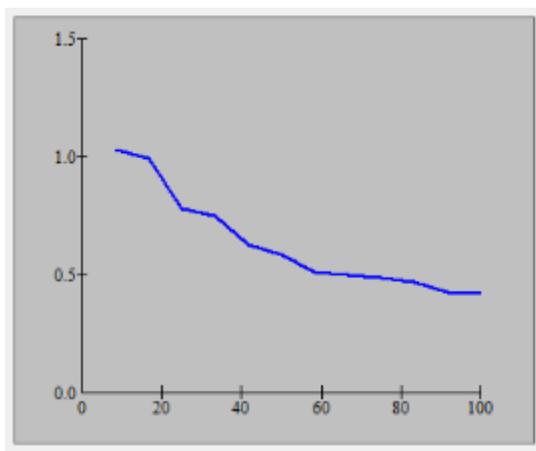


El caudal de diseño:  $Q = 0.350 \text{ m}^3/\text{s}$ , tiene una probabilidad del 56.94 % de ser igualado o excedido en caso de no existir la presa.

**CASO 2.**

Se analiza la curva de duración para la demanda de riego de 633.53 l/seg de Khara Khota.

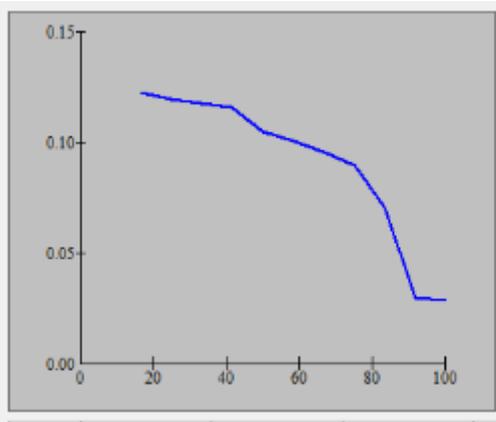
Resultados de los cálculos de la curva de duración:



El caudal de diseño:  $Q = 0.634 \text{ m}^3/\text{s}$ , tiene una probabilidad del 41.4 % de ser igualado o excedido en caso de no existir la presa.

### **CASO 3.**

Se analiza la curva de duración para la demanda de riego Aynocas de 93.86 l/seg.



El caudal de diseño:  $Q = 0.09386 \text{ m}^3/\text{s}$ , tiene una probabilidad del 70.5 % de ser igualado o excedido, en caso de no existir la presa.

### **CASO CAUDAL TOTAL:**

Y para el caso general que significa la sumatoria de caudales que es de 1025 l/seg, la probabilidad de ocurrencia como resultado de la curva de duración brinda la siguiente conclusión:

El caudal de diseño:  $Q = 1.025 \text{ m}^3/\text{s}$ , tiene una probabilidad del 23.7 % de ser igualado o excedido en caso de no existir la presa por lo que se justifica la regulación de los volúmenes a través de los embalses.

#### **4.3.3.8 Curva de Duración de Caudales Taypichaca**

##### **SUBCUENCA TAYPICHACA**

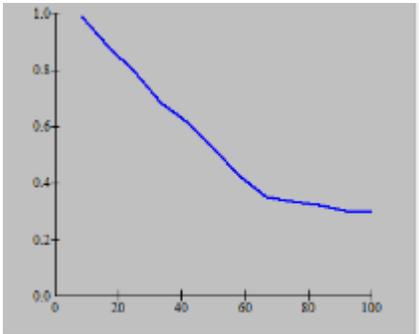
De acuerdo a lo previsto en el proyecto de esta subcuenca se debe disponer de los siguientes caudales (de acuerdo al Estudio de Regulación de PROINTEC):

1. Caudal de agua potable para la ciudad de El Alto = 20.50 Hm<sup>3</sup>/Año
2. Caudal para riego de Taypichaca (\*) = 17.03 Hm<sup>3</sup>/año

(\*): Se dá servicio a los sistemas de Palcoco y Suriquiña.

Como se sabe la curva de duración llamada también curva de persistencia, permanencia de caudales o curva de caudales clasificados, es una curva que indica el porcentaje del tiempo durante el cual los caudales han sido igualados o excedidos. Esta curva puede ser definida para caudales diarios, mensuales, anuales, etc. En nuestro caso estamos usando los caudales promedio mensuales.

1. Análisis con la demanda de caudal para agua potable de la ciudad de El Alto de 540 l/seg.



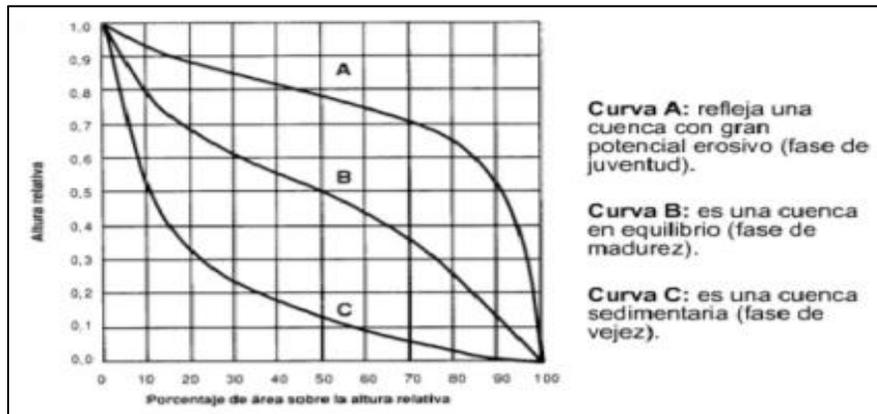
La información desarrollada por el programa computacional se encuentra en el ANEXO 1.2.

El caudal de diseño:  $Q = 0.540 \text{ m}^3/\text{s}$ , tiene una probabilidad del 48.2 % de ser igualado o excedido, en un estado sin presa.

#### 4.3.3.9 Curvas hipsométricas

Considerando que existen los siguientes tipos de curvas hipsométricas, podremos caracterizar en este caso la cuenca de referencia.

Tipos de curvas hipsométricas:



**Figura 4.3-14 Tipos de curvas hipsométricas**

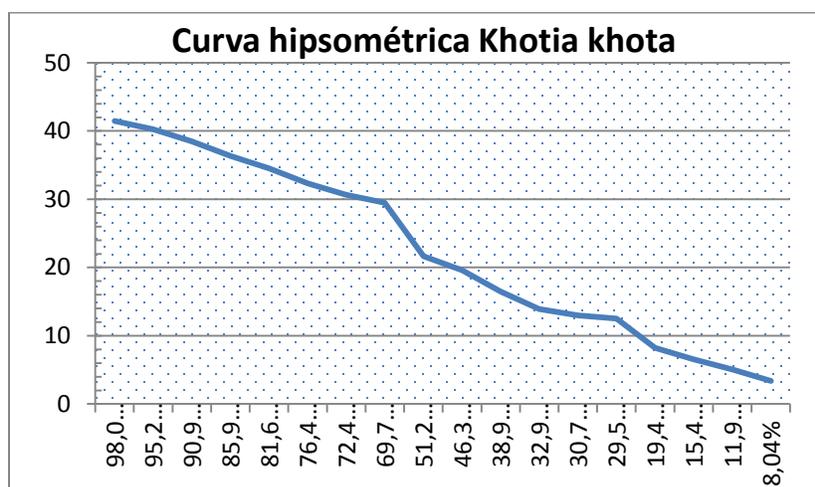
Fuente: Bibliografía internacional.

#### Curva hipsométrica cuenca Khotia Khota:

A continuación se tiene la representación de la curva hipsométrica de la cuenca Khotia Khota sobre el río Jacha Jahuira.

**Tabla 4.3-34 Altitudes/Áreas Cuenca Khotia Khota**

Altitud (msnm)	Áreas Parciales (km <sup>2</sup> )	Áreas	Áreas	%	%
		Acumul. (km <sup>2</sup> )	sobre las altitudes	del total	del total sobre la altitud
5056	0.83	0.83	41.458888	2.01%	98.03%
5222	1.18	2.01	40.276558	2.85%	95.24%
5318	1.80	3.82	38.474252	4.35%	90.98%
5318	2.13	5.95	36.339724	5.15%	85.93%
5589	1.80	7.75	34.54099	4.34%	81.67%
5458	2.23	9.98	32.31332	5.37%	76.41%
5598	1.66	11.64	30.653117	4.00%	72.48%
5400	1.17	12.81	29.48338	2.82%	69.72%
5424	7.83	20.64	21.651007	18.89%	51.20%
5512	2.04	22.68	19.61121	4.92%	46.37%
5368	3.15	25.83	16.465353	7.59%	38.93%
5250	2.53	28.36	13.934865	6.10%	32.95%
5428	0.93	29.29	12.999976	2.25%	30.74%
5300	0.49	29.78	12.514717	1.17%	29.59%
5468	4.29	34.07	8.224221	10.35%	19.45%
5238	1.69	35.76	6.532795	4.08%	15.45%
5238	1.50	37.26	5.035764	3.61%	11.91%
5248	1.64	38.89	3.398756	3.95%	8.04%
5248	1.45	40.34	1.947478	3.50%	4.60%
5248	1.95	42.29	0	4.70%	0.00%
	42.29				



**Figura 4.3-15 Curva Hipsométrica Khotia Khota**

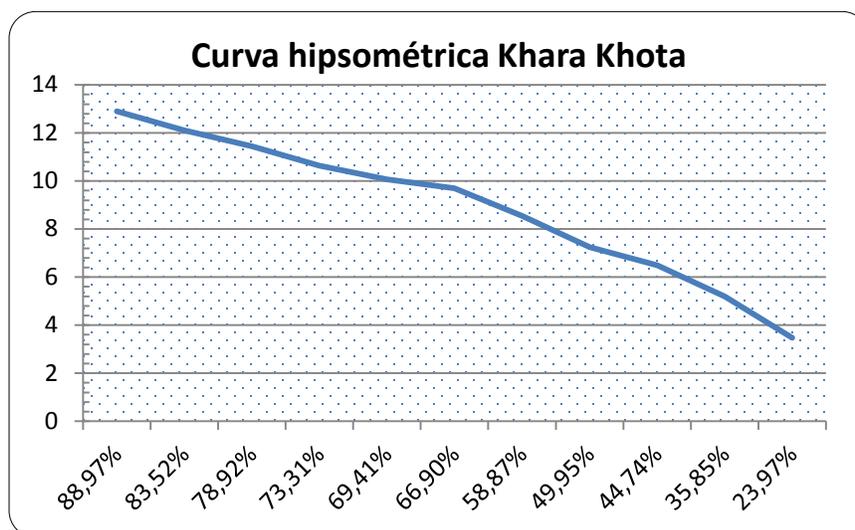
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la definición, la curva denota que esta cuenca se encuentra en su fase de madurez o fase de equilibrio.

Asimismo, se tiene la representación de la curva hipsométrica de la cuenca Khara Khota.

**Tabla 4.3-35 Altitudes/Áreas Cuenca Khara Khota**

Altitud (msnm)	Áreas Parciales (km <sup>2</sup> )	Áreas	Áreas	%	%
		Acumul. (km <sup>2</sup> )	sobre las altitudes	del total	del total sobre la altitud
4580	1.6	1.6	12.905	12.40%	88.97%
4650	0.791	2.391	12.114	6.13%	83.52%
4750	0.666	3.057	11.448	5.16%	78.92%
4785	0.814	3.871	10.634	6.31%	73.31%
4850	0.566	4.437	10.068	4.39%	69.41%
4900	0.364	4.801	9.704	2.82%	66.90%
4974	1.165	5.966	8.539	9.03%	58.87%
5120	1.294	7.26	7.245	10.03%	49.95%
5138	0.756	8.016	6.489	5.86%	44.74%
5085	1.289	9.305	5.2	9.99%	35.85%
4800	1.723	11.028	3.477	13.35%	23.97%
4780	1.953	12.981	1.524	15.13%	10.51%
4530	1.524	14.505	0	11.81%	0.00%
	14.505				



**Figura 4.3-16 Curva Hipsométrica Khara Khota**

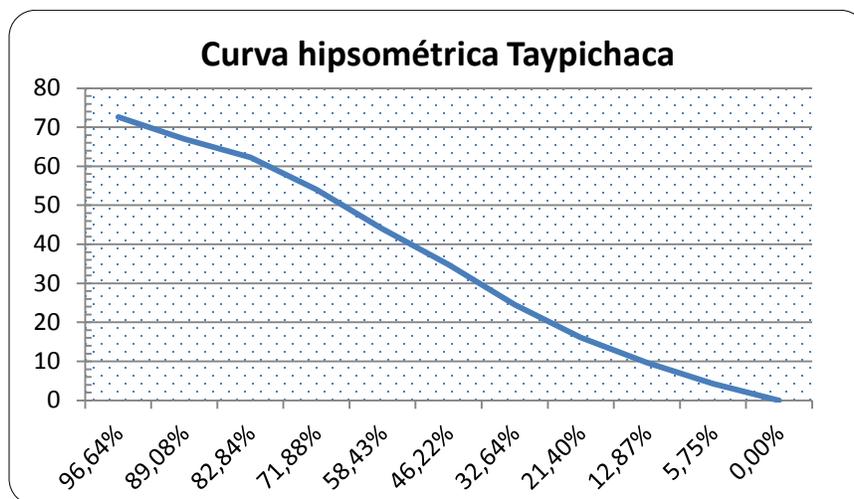
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la definición, la curva denota que esta cuenca se encuentra en su fase de equilibrio o madurez.

Y a continuación se tiene la representación de la curva hipsométrica de la cuenca Taypinchaca.

**Tabla 4.3-36 Altitudes / Areas de la Cuenca Taypichaca**

Altitud (msnm)	Areas Parciales (km2)	Areas	Areas	% del total	% del total sobre la altitud
		Acumul. (km2)	sobre las altitudes		
4300	2.53	2.53	72.66	3.48%	96.64%
4400	5.68	8.21	66.98	7.82%	89.08%
4500	4.69	12.9	62.29	6.45%	82.84%
4600	8.24	21.14	54.05	11.34%	71.88%
4700	10.12	31.26	43.93	13.93%	58.43%
4800	9.18	40.44	34.75	12.63%	46.22%
4900	10.21	50.65	24.54	14.05%	32.64%
5000	8.45	59.1	16.09	11.63%	21.40%
5100	6.41	65.51	9.68	8.82%	12.87%
5200	5.36	70.87	4.32	7.38%	5.75%
5300	4.32	75.19	0.00	5.95%	0.00%
	75.19				



**Figura 4.3-17 Curva Hipsométrica Taypichaca**

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la definición, la curva denota que esta cuenca se trata de una en su fase de equilibrio.

#### 4.3.3.10 Caudales Máximos

##### Caudales de crecida Khotia Khota y Khara Khota:

Para una verificación de los caudales de los diferentes periodos de retorno se utiliza el método racional, en los puntos de presa u obras de toma para periodos de retorno de 20, 50, 100, 200, 500 y 1000 años para un tiempo de duración de lluvia de 45 minutos según

la ecuación de Intensidad, representada en la Tabla siguiente; los resultados calculados por CPM son ligeramente menores, sin embargo se ratifica los presentados por PROINTEC.

**Tabla 4.3-37 Caudales cuenca Jacha Jahuirra**

Presa Khotia Khota					PROINTEC
Periodo de retorno	C	i (mm/hora)	A Km2	A Ha	Q (m3/seg)
5	0.40	9.70	45.00	4500.0	
10	0.40	10.90	45.00	4500.0	<b>27.43</b>
20	0.40	12.30	45.00	4500.0	
50	0.40	14.30	45.00	4500.0	<b>36.09</b>
100	0.40	16.10	45.00	4500.0	<b>40.61</b>
200	0.40	17.96	45.00	4500.0	
500	0.40	20.96	45.00	4500.0	<b>53.43</b>
1000	0.40	23.56	45.00	4500.0	

Presa Khara Khota					PROINTEC
Periodo de retorno	C	i (mm/hora)	A Km2	A Ha	Q (m3/seg)
5	0.40	9.70	61.90	6190.0	
10	0.40	10.90	61.90	6190.0	<b>23.94</b>
20	0.40	12.30	61.90	6190.0	
50	0.40	14.30	61.90	6190.0	<b>31.50</b>
100	0.40	16.10	61.90	6190.0	<b>35.45</b>
200	0.40	17.96	61.90	6190.0	
500	0.40	20.96	61.90	6190.0	<b>46.63</b>
1000	0.40	23.56	61.90	6190.0	

Fuente: Elaboración propia

De donde el coeficiente C (Coeficiente de escorrentía) significa una fracción de precipitación total que llega al cauce de evacuación, depende de factores topográficos, edafológicos, cobertura vegetal, etc. Y que cuando la cuenca se compone de superficies de distintas características toma el valor ponderado de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$C = \frac{C_1A_1 + C_2A_2 + \dots + C_nA_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} C_iA_i}{\sum_{i=1}^{i=n} A_i}$$

En la siguiente tabla se presentan valores del coeficiente de escorrentía para área rural, en función de la cobertura vegetal, pendiente y textura.

**Tabla 4.3-38 Valores del coeficiente de escurrimiento**

Tipo de vegetación	Pendiente (%)	Textura		
		Franco Arenosa	Franco arcillolimoso franco limosa	Arcillosa
Forestal	0 - 5	0.10	0.30	0.40
	5 - 10	0.25	0.35	0.50
	10 - 30	0.30	0.50	0.60
Praderas	0 - 5	0.10	0.30	0.40
	5 - 10	0.15	0.35	0.55
	10 - 30	0.20	<b>0.40</b>	0.60
Terrenos cultivados	0 - 5	0.30	0.50	0.60
	5 - 10	0.40	0.60	0.70
	10 - 30	0.50	0.70	0.80

Fuente: Manual de conservación del suelo y del agua, Chapingo Mexico 1977.

Donde las pendientes medias de las cuencas son;

Pte. Khotia Khota = 38.90%

Pte. Khara Khota = 30.6%

Por lo que según la pendiente calculada de las cuencas, tipo de vegetación y textura del suelo se adoptaron los coeficientes de escurrimiento (0.40 en color azul) descritos en el cuadro.

### **Cálculo de Vertedero embalses Khotia Khota y Khara Khota**

El vertedero es una obra hidráulica, cuyo objetivo es evacuar el agua excedente para mantener el nivel máximo de aguas normales en el embalse y descargar los caudales de avenidas o crecidas sin dañar la presa.

El vertedero es diseñado para evacuar una crecida con periodo retorno considerado en T = 200 años.

Para el cálculo de la longitud mínima aplicamos la ecuación de vertederos:

$$L = \frac{Q}{C * h * \sqrt{2gh}}$$

Donde:

Q = Caudal en m3/seg

C = Coeficiente de descarga del vertedero, que en el caso de cresta redondeada es 0.41.

h = Carga máxima sobre el vertedero en mts.

G = Aceleración de la gravedad

Luego para la presa Khotia Khota con Q = 40.41 m3/seg, C = 0.41, h máx = 1.0 m y g = 9.81 m/seg<sup>2</sup>; la longitud del vertedero será:

**L = 18 mts.**

Para la presa Khotia Khota con  $Q = 38.91 \text{ m}^3/\text{seg}$ ,  $C = 0.41$ ,  $h \text{ máx} = 1.0 \text{ m}$  y  $g = 9.81 \text{ m}/\text{seg}^2$ ; la longitud del vertedero será:

**L = 25 mts.**

Para diferentes periodos de retorno se tendrá:

**Khotia Khota**

T (Años)	Q	C	h	g	$(2gh)^{0.5}$	L (m)
50	25.74	0.41	1	9.81	4.43	<b>14</b>
100	28.98	0.41	1	9.81	4.43	<b>16</b>
200	32.328	0.41	1	9.81	4.43	<b>18</b>
500	37.728	0.41	1	9.81	4.43	<b>21</b>
1000	42.408	0.41	1	9.81	4.43	<b>23</b>

**Khara Khota**

T (Años)	Q	C	h	g	$(2gh)^{0.5}$	L (m)
50	35.41	0.41	1	9.81	4.43	<b>19</b>
100	39.86	0.41	1	9.81	4.43	<b>22</b>
200	44.47	0.41	1	9.81	4.43	<b>24</b>
500	51.90	0.41	1	9.81	4.43	<b>29</b>
1000	58.33	0.41	1	9.81	4.43	<b>32</b>

**Caudales de crecida Taypichaca:**

Para una verificación de los caudales de los diferentes periodos de retorno se utiliza el método racional, con la información de Prointec en los puntos de presa u obras de toma para periodos de retorno de 20, 50 y 100 años para un tiempo de duración de lluvia de 45 minutos según la ecuación de Intensidad, representada en la Tabla siguiente.

Y donde Pte. Media de la cuenca es 16.82%.

**Tabla 4.3-39 Caudales Cuenca Taypichaca**

Presa Khullu Cachi					PROINTEC
Periodo de retorno	C	i (mm/hora)	A Km <sup>2</sup>	A Ha	Q (m <sup>3</sup> /seg)
5	0.40	9.70	75.19	7519.0	<b>29.19</b>
10	0.40	10.90	75.19	7519.0	
20	0.40	12.30	75.19	7519.0	
50	0.40	14.30	75.19	7519.0	
100	0.40	16.10	75.19	7519.0	
200	0.40	17.96	75.19	7519.0	<b>38.40</b>
500	0.40	20.96	75.19	7519.0	
1000	0.40	23.56	75.19	7519.0	

Fuente: Elaboración propia

### Cálculo del Vertedero embalse Taypichaca

Aplicando la misma ecuación que para las otras presas; es decir:

$$L = \frac{Q}{C * h * \sqrt{2gh}}$$

Donde para la presa Taypichaca se tiene Q = 47.26 m3/seg, C = 0.41, h máx = 1.0 m y g = 9.81 m/seg2; la longitud del vertedero será:

**L = 30 mts.**

Para diferentes periodos de retorno se tendrá:

Taypichaca						
T (Años)	Q	C	h	g	(2gh) <sup>0.5</sup>	L (m)
50	43.00868	0.41	1	9.81	4.43	<b>24</b>
100	48.42236	0.41	1	9.81	4.43	<b>27</b>
200	54.0165	0.41	1	9.81	4.43	<b>30</b>
500	63.0393	0.41	1	9.81	4.43	<b>35</b>
1000	70.85906	0.41	1	9.81	4.43	<b>39</b>

#### 4.3.3.11 Caudales medios mensuales

El Caudal Medio Mensual verificado y adoptado para el cálculo de caudales ecológicos para el Río Jacha Jahuirra en Khara Khota se deduce de los siguientes cuadros:

**Tabla 4.3-40 Caudales medios mensuales Khara Khota  
(Est. Hichucota 1945-1975) (m3/seg)**

Año	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Media
1945	1.36	1.39	1.64	1.58	1.29	0.56	0.45	0.35	0.27	0.24	0.41	0.74	<b>0.86</b>
1946	1.40	1.31	2.22	1.91	1.22	0.84	0.36	0.37	0.32	0.38	0.55	0.90	<b>0.98</b>
1947	2.14	2.49	3.26	1.74	1.01	0.73	0.57	0.43	0.37	0.41	0.56	0.98	<b>1.22</b>
1948	1.08	1.26	1.71	1.78	1.53	0.89	0.54	0.40	0.38	0.42	0.57	0.87	<b>0.95</b>
1949	2.19	2.61	2.92	2.62	1.37	0.65	0.52	0.37	0.23	0.28	0.42	0.62	<b>1.23</b>
1950	1.13	1.68	1.64	1.38	0.71	0.56	0.42	0.33	0.37	0.34	0.53	0.78	<b>0.82</b>
1951	2.17	2.16	2.15	2.27	1.27	0.83	0.58	0.40	0.34	0.41	0.55	0.82	<b>1.16</b>
1952	1.46	1.42	2.58	1.35	0.80	0.64	0.48	0.36	0.29	0.40	0.49	1.09	<b>0.95</b>
1953	1.29	1.91	3.13	1.66	1.09	0.69	0.46	0.37	0.35	0.41	0.66	1.23	<b>1.10</b>
1954	1.19	2.22	2.01	1.73	0.96	0.73	0.46	0.39	0.31	0.45	0.55	0.93	<b>0.99</b>
1955	1.02	2.30	3.02	2.58	1.46	0.86	0.66	0.45	0.39	0.47	0.65	1.03	<b>1.24</b>
1956	1.33	2.20	2.42	1.34	0.85	0.56	0.40	0.34	0.33	0.21	0.25	0.35	<b>0.88</b>
1957	0.65	2.00	2.25	3.01	1.37	1.09	0.68	0.51	0.42	0.42	0.52	0.88	<b>1.15</b>
1959	1.31	1.73	2.13	3.10	2.20	1.17	1.01	0.90	0.65	0.60	0.54	0.62	<b>1.33</b>
1960	2.25	5.20	4.80	2.45	1.80	1.26	1.00	0.70	0.55	0.65	0.82	0.77	<b>1.85</b>
1961	0.86	1.96	3.53	2.33	1.72	1.51	1.42	1.37	1.14	0.70	0.55	0.53	<b>1.47</b>

Año	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Media
1962	0.51	0.93	2.24	3.18	1.92	1.14	0.90	0.77	0.67	0.64	0.45	0.51	<b>1.16</b>
1964	1.23	2.49	2.69	1.24	0.89	0.76	0.66	0.48	0.45	0.55	0.55	0.74	<b>1.06</b>
1965	1.26	2.37	3.01	1.96	1.19	0.76	0.56	0.35	0.27	0.45	0.63	1.36	<b>1.18</b>
1972	1.28	1.74	1.57	1.60	0.81	0.51	0.34	0.19	0.13	0.18	0.24	0.50	<b>0.76</b>
1974	0.98	2.48	3.99	2.06	0.61	0.30	0.25	0.18	0.17	0.18	0.24	0.35	<b>0.98</b>
1975	1.06	1.41	3.74	1.40	0.71	0.52	0.46	0.17	0.15	0.13	0.26	0.53	<b>0.88</b>
<b>Media</b>	<b>1.33</b>	<b>2.06</b>	<b>2.67</b>	<b>2.01</b>	<b>1.22</b>	<b>0.80</b>	<b>0.60</b>	<b>0.46</b>	<b>0.39</b>	<b>0.41</b>	<b>0.50</b>	<b>0.78</b>	<b>1.10</b>

Fuente: Fuente: Estudio de Factibilidad proyecto de riego Huarina - Salzgitter GmbH, 1981 (MACA)

**Tabla 4.3-41 Resumen Caudal medio mensual río Jacha Jahuirra (1945-1975)**

Año	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Media
<b>Media</b>	<b>1.33</b>	<b>2.06</b>	<b>2.67</b>	<b>2.01</b>	<b>1.22</b>	<b>0.80</b>	<b>0.60</b>	<b>0.46</b>	<b>0.39</b>	<b>0.41</b>	<b>0.50</b>	<b>0.78</b>	<b>1.10</b>

Fuente: Fuente: Estudio de Factibilidad proyecto de riego Huarina - Salzgitter GmbH, 1981 (MACA)

**Q Medio Mensual Khara khota = 1.10 m3/seg**

Se hace notar que este caudal promedio es el utilizado también por PROINTEC en el análisis del caudal ecológico.

Y el caudal Medio Mensual verificado y adoptado para el cálculo de caudales ecológicos para el Río Khullu Cachi en Linku Punku se deduce de los siguientes cuadros:

**Tabla 4.3-42 Q medio mensual y anual Linku Punku (1945-1962)**

Mes	Descarga %	Descarga [m3/s]	Volumen [hm3]
Enero	17.1%	2.69	7.2
Febrero	20.9%	3.66	8.8
Marzo	19.2%	3.01	8.1
Abril	8.1%	1.31	3.4
Mayo	5.0%	0.78	2.1
Junio	3.6%	0.58	1.5
Julio	2.9%	0.47	1.2
Agosto	2.6%	0.40	1.1
Septiembre	2.6%	0.42	1.1
Octubre	3.6%	0.56	1.5
Noviembre	3.6%	0.56	1.5
Diciembre	10.9%	1.70	4.6
	100.0%	1.35	42.1

Fuente: Proy. Operac.y Mantenim. - Estudio de traslape - Salzgitter GmbH, 1989 (MACA)

**Tabla 4.3-43 Caudales medios mensuales Río Khullu Cachi en Linku Punku**

Año	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Media
Media	1.70	2.69	3.66	3.01	1.31	0.78	0.58	0.47	0.40	0.42	0.56	0.56	1.35

Fuente: Proy. Operac.y Mantenim. - Estudio de traslape - Salzgitter GmbH, 1989 (MACA)

**Q Medio Mensual Linku Punku = 1.35 m3/seg**

#### 4.3.4 Hidrogeología

##### 4.3.4.1 Relación con la Fisiografía<sup>5</sup>

En la zona de estudio se diferencian formaciones geológicas relacionadas con las condiciones hídricas identificadas anteriormente. La zona montañosa está expuesta a precipitaciones nivales, formando campos de nieve y glaciales que por efecto de sus movimientos desarrollan formas típicas de erosión glacial, como ser: circos glaciales, valles colgantes, valles en U, lagos y lagunas.

A medida que se aleja del frente montañoso se observa el contacto entre los afloramientos rocosos y los depósitos morrenicos que contribuyen en la formación de depósitos lacustres y fluviolacustres hasta divisar la llanura Fluviolacustre.

La llanura fluviolacustre es parte de las zonas de riego de las distintas cuencas de la zona del Proyecto, sus pendientes bajas permiten el asentamiento de centros poblados diversos como Batallas, Peñas, Pucarani, Patamanta, Suriquiña, por su amplia extensión, presenta una variedad de suelos, desde suelos esqueléticos hasta suelos poco fértiles.

En esta unidad se desarrollan mantos acuíferos de corrientes de agua subterránea cuya transmisibilidad no es elevada, y permite puntos de explotación de aguas subterráneas que son los pozos profundos a poco profundos y cuyos caudales no son muy elevados.

En la parte baja donde se inicia las llanuras Fluviolacustres, con pendientes bajas se forman terrazas aluviales bisectadas por quebradas donde resaltan los aglomerados en matrix arenoso, variando a arenolimoso y arcilloso.

Son suelos esqueléticos que requieren un manejo adecuado, con mucho cuidado especialmente si se introduce el riego en esta unidad, porque pueden causar una percolación excesiva, en desmedro de su fertilidad y la ausencia cada vez mayor de una estructura edáfica desarrollada.

##### 4.3.4.2 Relación con el Flujo Superficial y Subterráneo<sup>6</sup>

La cuencas implicadas en el estudio TESA, presentan bofedales con distintos grados de conservación y manejo. Estos bofedales según se va descendiendo desde la Cordillera Central hacia el lago Titicaca van perdiendo su estado natural y su alto grado de conservación, transformándose en las partes bajas de las cuencas en praderas regadas muy antropizadas, donde pasta gran parte del ganado. En la zona de trabajo se pueden distinguir dos tipos de cuencas, las que están directamente afectadas por la construcción

<sup>5</sup> Estudio de Identificación, Tomo 1, Memoria Descriptiva Punto 2.2.1, IC Rimac (2013).

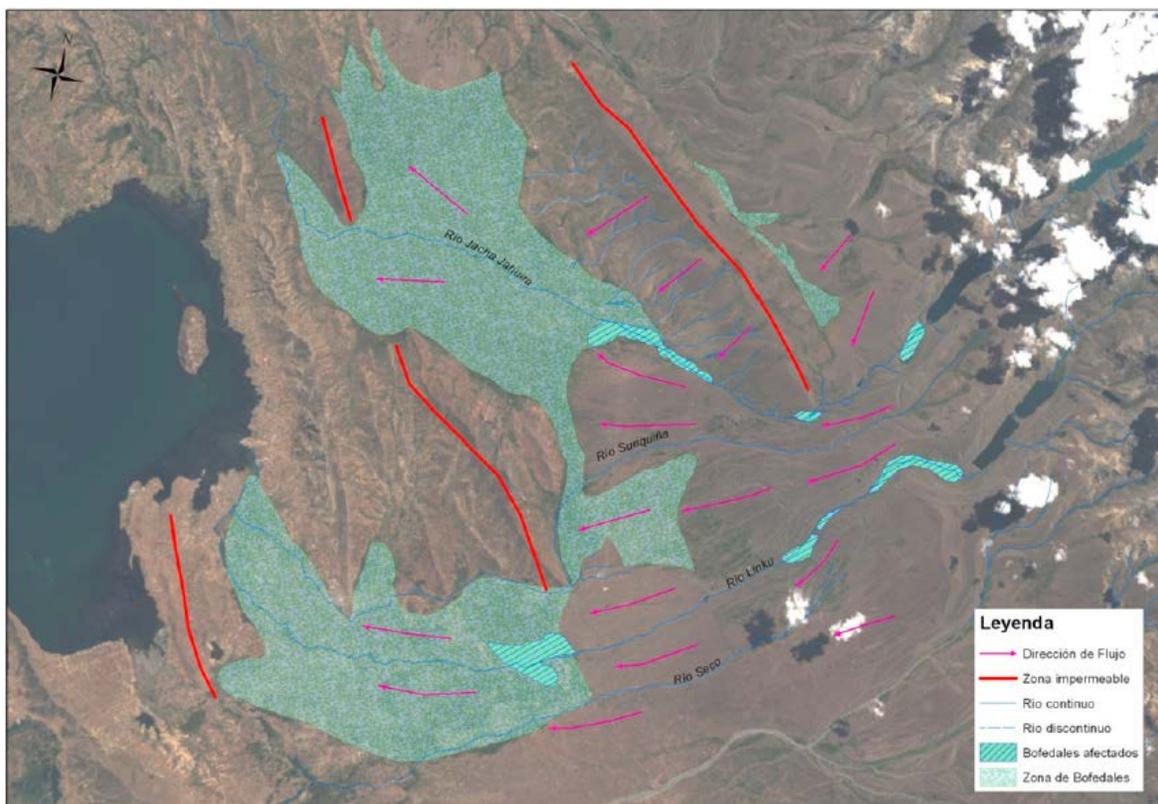
<sup>6</sup> Determinacion de caudales ecológicos V.04, Prointec (2014).

de las presas de Khotia khota y Taypichaca, drenadas por los ríos Jacha Jahuira y Linku respectivamente y el resto de cuencas sobre las que no se producen afecciones al régimen de flujo superficial. Estas son las cuencas del río Suriquiña y del río Seco. Estos tres últimos ríos desembocan por el sur en el lago Titicaca, cerca de la localidad de Batallas, mientras que el Jacha Jahuira va hacia el norte desembocando finalmente en el lago Titicaca.

Estas cuencas están alimentadas por las precipitaciones a través de las escorrentías, los cuerpos de agua presentes y el deshielo de los glaciares de la Cordillera Central, tanto por su componente de flujo superficial como subterráneo. La componente superficial se drena a través de una extensa red de drenaje que se aglutina en los principales ríos que se han mencionado en el párrafo anterior. La parte subterránea, tiene gran importancia, según se pudo observar en los trabajos de campo, ya que el suelo presenta una gran potencia de materia orgánica con una alta permeabilidad. Además también se detectó que las aguas subterráneas tienen una gran relación con el flujo superficial.

Estas aguas subterráneas se infiltran en la parte alta de las cuencas y descargan en las partes bajas de estas, ayudadas por la orografía, como se puede ver en la figura 4.3-18 con la existencia de varias áreas impermeables antes de la desembocadura de las cuencas en el lago Titicaca, que provocan que el flujo subterráneo se vea interrumpido produciendo surgencias que crean los distintos bofedales de las zonas bajas. De este flujo subterráneo se desconoce su volumen, su comportamiento hidrogeológico, tanto en la variación piezométrica, como en la dirección del flujo o la conductividad hidráulica, por falta total de datos. Como motivo de esta falta de información, con el objeto de tener un cierto conocimiento del funcionamiento del sistema, se simula como podría ser el flujo de aguas subterráneas que alimentan los bofedales presentes aguas abajo de las cuencas de la zona de estudio.

A pesar de las incertidumbres que produce la falta de datos, se puede asegurar una vez analizada la información disponible, que la principal alimentación de estos bofedales en las zonas bajas se produce por aguas subterráneas. Señalar que estos bofedales están muy manejados por las comunidades y presentan canales que dirigen el flujo tanto superficial como subterráneo, aumentando artificialmente la superficie de estos para utilizarlos como pastizales para el ganado.



**Figura 4.3-18 Simulación de direcciones de flujo superficial y subterráneo en la zona de proyecto**

Fuente: Prointec (2014)

En los trabajos de análisis se determinaron los bofedales que podían estar directamente o indirectamente afectados por la interrupción del flujo superficial de los río Jacha Jahuirá y Linku. No se han considerado los bofedales que supuestamente están alimentados principalmente por aguas subterráneas, ya que el proyecto no contempla medidas que puedan interferir en el flujo subterráneo, tanto en las zonas de alimentación como en las zonas de descarga. Es más el proyecto contempla el ampliación de la zona regable aguas abajo de las presas y por tanto el incremento de los retornos de riego, con el consiguiente aumento de la recarga subterránea.

Estos bofedales directamente afectados por la interrupción de flujo superficial, son los dos que se encuentran inmediatamente aguas abajo de las zonas de actuación. El bofedal de Hichu Khota y el bofedal de Linku Punku. A continuación se describen algunas características de dichos bofedales, cuya fuente de información son el estudio de Isela Meneses y el trabajo de campo realizado.

### **Bofedal de Hichu Khota**

El bofedal de Hichu Khota se encuentra aguas abajo de la presa de Khara Khota, se proyecta construir la presa de Khotia Khota aguas arriba de esta. La construcción de esta presa afectará al flujo superficial de la presa existente y por consiguiente al bofedal inmediatamente aguas abajo. Para este bofedal la mayor fuente de recarga son las aguas

superficiales que se producen por la escorrentía y el deshielo del glaciar, las aguas subterráneas tienen una menor aportación debido a las dimensiones y la forma en “U” de la cuenca vertiente.

Este bofedal suele permanecer todo el año encharcado, ya que en su salida mantiene elevado el nivel de manera artificial debido a una pequeña represa artesanal. Este bofedal presenta gran presencia de pastoreo.

### **Bofedal de Linku Punku**

Este bofedal se encuentra aguas debajo de la presa de Taypichaca, la cual está proyectada recrecer. Es un bofedal encajado en el típico valle glacial con sección transversal en forma de “U”, con un cauce principal bien definido y con canales en los bordes de las laderas que parte desde aguas abajo de la represa existente, que ayudan a mantener el bofedal con la forma actual y encharcado en la época de aguas altas y con pasto en la época seca. Este bofedal en la época de estiaje se suele secar en gran medida salvo su parte central y las zonas próximas a los canales artificiales. La recarga presumiblemente proviene en su mayor parte de las aguas superficiales de la escorrentía y del deshielo. El bofedal está parcelado por cercados y se utiliza intensamente para el pastoreo de camélidos, ovejas y vacas.

Estos canales seguirán llevando el agua de riego, que se sumara al caudal mínimo ecológico y que ayudara al mantenimiento de los distintos bofedales afectados.

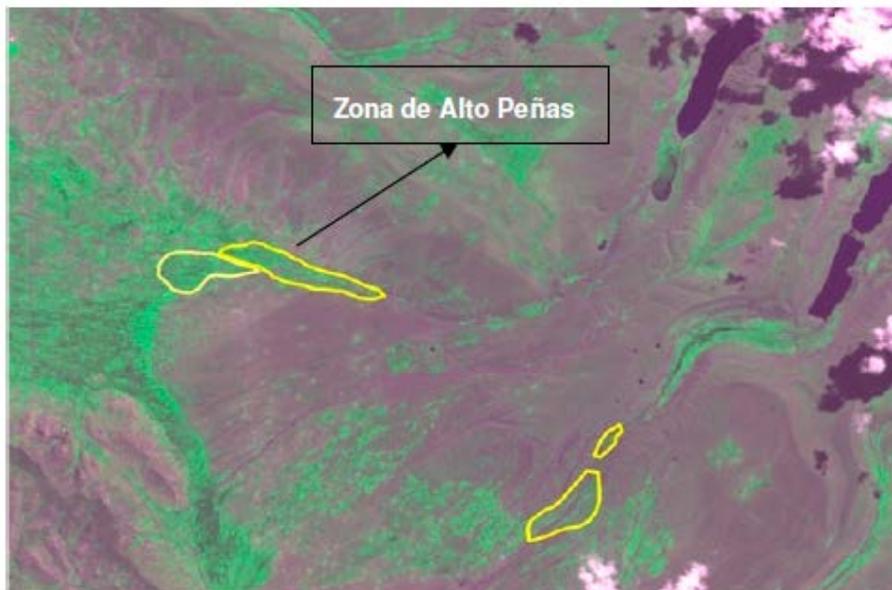
### **Bofedales indirectamente afectados por el proyecto**

A parte de los dos bofedales anteriormente mencionados, durante los trabajos de gabinete apoyado por los de campo, se determinó una serie de bofedales con un grado de afección menor, pero que se considera que potencialmente pueden llegar a estar afectados, al localizarse en la zona intermedia de las cuencas del Jacha Jahuira y del Linku y antes de la zona principal de descarga del flujo subterráneo en la zona baja. Esta determinación lleva una mayor incertidumbre que los dos anteriores, ya que se desconoce la componente hidrogeológica y la componente superficial. Asimismo las distintas detracciones por los canales existentes (de los riegos presentes) o proyectados aumentan la incertidumbre del caudal superficial que puede llegar a estas zonas, donde se empieza a producir la descarga subterránea.

A continuación se muestra sobre fotografía de satélite las zonas seleccionadas que se encuentran en el límite de la zona principal de descarga del flujo subterráneo y que pueden llegar a tener cierta dependencia del flujo superficial para su conservación.

En la zona del río Jacha Jahuira, se han seleccionado aquellas zonas próximas a Alto Peñas con una superficie aproximada de unas 200 hectáreas.

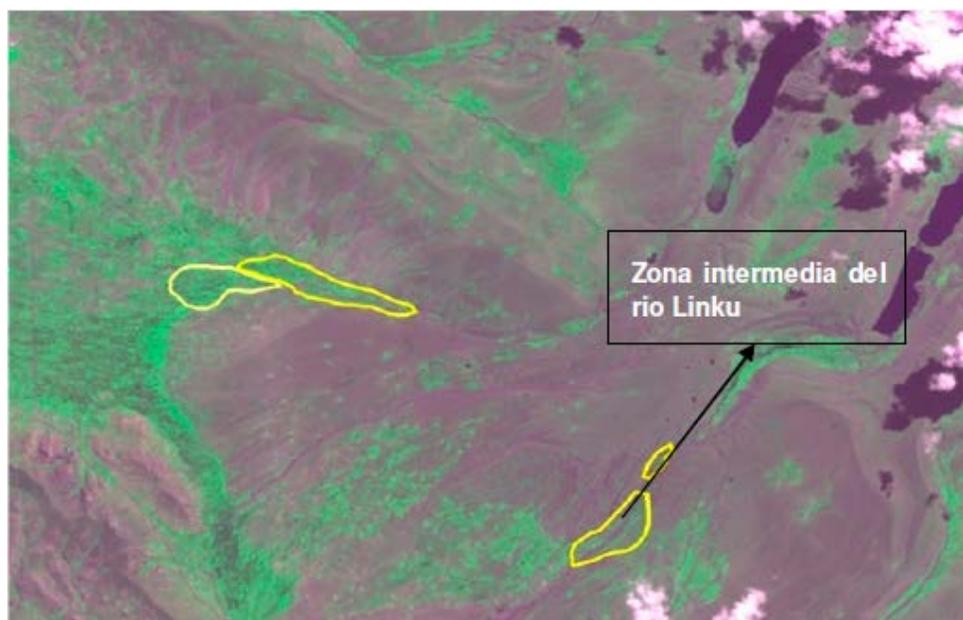
Mencionar que en esta zona, como en la mayoría de los bofedales de la parte baja, los usuarios han abierto canales que rodean a los antiguos bofedales y que llevan agua de los cauces principales a las zonas de riego, más amplias que engloban a los bofedales naturales, con el objeto de mantener pastos para el ganado. Por todo ello la dificultad de definir las zonas de bofedal y de descarga, ya que la acción del hombre ha generado una serie de pastizales que modifican el funcionamiento natural del sistema hidrológico.



**Figura 4.3-19 Bofedales afectados indirectamente por el proyecto de la presa de Khotia Khota**

Fuente: Prointec (2014)

En la zona del río Linku se han determinado dos zonas de bofedal en el tramo intermedio en donde se presupone un aporte mayoritariamente superficial. Estas se ven en la siguiente imagen.



**Figura 4.3-20 Bofedales afectados indirectamente por el proyecto de la presa de Taypichaca, situados en la parte intermedia de la cuenca del río Linku**

Fuente: Prointec (2014)

Asimismo se ha definido en la zona baja cerca de la comunidad Catacora otras zonas. Estas zonas se comportan como una zona de descarga de las aguas subterráneas, pero la cercanía al cauce del río Linku les confiere un importante aporte superficial, ayudado por los canales abiertos por las comunidades.

#### 4.3.5 Caudal Ecológico<sup>7</sup>

##### 4.3.5.1 Metodologías comúnmente utilizadas

Desde que a mediados del siglo pasado en Estados Unidos se empezaron a desarrollar las primeras herramientas para su estimación, se han utilizado diferentes metodologías para definir el régimen de caudales ecológicos. Según su aproximación técnica, pueden distinguirse cuatro tipos de métodos:

- ✓ Métodos hidrológicos
- ✓ Métodos hidráulicos
- ✓ Métodos hidrobiológicos
- ✓ Métodos holísticos

##### Métodos hidrológicos

Basados en datos de caudales, tratados de diferentes maneras (caudales clasificados, porcentaje de caudal medio, análisis de series temporales, etc.), para estimar los caudales recomendables. Se trata de los métodos más rápidos y sencillos, además de ser poco costosos, pudiéndose realizar en gabinete. Requieren datos de aforos disponibles y fiables. Se aplican a distintas escalas, desde la planificación a tramos concretos. Entre ellos, los más utilizados son el método QBM, Caudal Básico de Mantenimiento (Palau, A. & Alcazar, J., 1996) y el método de medidas móviles de orden único Q25 o Q21 (Baeza D. et al., 2005).

##### Métodos hidráulicos

En estos métodos los caudales ecológicos se estiman a partir de la relación entre algún parámetro hidráulico (normalmente el perímetro de mojado o la profundidad) y el caudal. Sólo admite aplicaciones locales. El más utilizado mundialmente es el conocido como Perímetro Mojado (Reiser, D.W. et al. 19889).

##### Métodos hidrobiológicos

Se trata de métodos que tratan de ligar las exigencias de hábitat que tienen las especies fluviales con las variaciones de las características de éste en función de los caudales circulantes. Para ello se realiza una modelización del hábitat, deduciendo el caudal ecológico a partir de una cuantificación previa del hábitat físico de una especie (normalmente peces) y del análisis de su relación con el caudal mediante simulación hidráulica. Algunos modelos utilizan, en lugar del hábitat, otras variables biológicas como la biomasa o la diversidad biológica. Se aplica para tramos concretos de ríos. El método más utilizado en el mundo, es el conocido como Instream Flow Incremental Methodology (IFIM, Bovee K.D., 1982).

<sup>7</sup> Determinación de caudales ecológicos V.04, Prointec (2014).

Este tipo de métodos requiere conocer la morfología del tramo del río que se estudia y el comportamiento y hábitos de las especies objetivo, tanto respecto al ambiente físico donde desarrollan su ciclo biológico como respecto a la relación con otros organismos del ecosistema, así como el régimen de caudales anual que de manera natural tiene el tramo o río estudiado, con el objeto de poder establecer el caudal mínimo que garantice la conservación de sus comunidades naturales.

### **Métodos holísticos**

Se trata de procedimientos o protocolos en los que el caudal se deduce buscando una solución consensuada a partir de un análisis independiente de la magnitud y distribución del caudal que necesitan diferentes componentes del ecosistema fluvial (abióticos, como geomorfología y calidad del agua, ecológicos (comunidades naturales), perceptivos (paisaje), socioeconómicos o todos en conjunto. Su aplicación puede ser compleja, en función de la heterogeneidad de los resultados parciales obtenidos para cada componente considerado. Una metodología representativa de este tipo es la sudafricana Building Block Methodology (BBM, King J.M. & Louw, M.D. 1998).

### **El presente estudio como caso especial**

La anterior clasificación de metodológicas descritas están ordenadas en función de menor a mayor necesidad de información disponible (hidrológica, hidráulica, biológica, topográfica, climatológica, etc.) para su aplicación.

En el caso actual la información de la que se dispone es muy escasa y únicamente alcanza la parte climatológica, hidrológica, con series mensuales sintéticas (aportaciones simuladas a partir de transformación precipitación-escorrentía) y la parte descriptiva y de calidad de las aguas (estudio de los bofedales de la Cordillera Real de Rosa Isela Meneses). Esta información de partida es claramente insuficiente para la aplicación de la mayoría de las metodológicas enunciadas.

Por ello la único que se podría aplicar para la determinación de caudales ecológicos serían los métodos hidrológicos, asimismo es la más sencillo de los anteriormente mencionados para, o bien determinar un caudal mínimo a lo largo del todo el año o bien un régimen de caudales ecológicos.

En principio, desde el punto de vista del control y gestión del caudal ecológico es más fácil un caudal mínimo mantenido en el tiempo, pero ya hace tiempo distintos expertos señalaron que no solo había que tener en cuenta el volumen de agua circulante sino también la variación en el tiempo, con el objeto de que el caudal mínimo fuera lo más naturalizado posible y pudiera responder mínimamente a las necesidades de los ecosistemas y especies afectadas.

Sin embargo, para el presente trabajo se ha considerado que los métodos hidrológicos no cumplen con todas las garantías ambientales del proyecto. Por ello como se detalla en el siguiente apartado se han propuesto otras metodologías, como son las denominadas agrológica y ambiental. Estas dos nuevas metodologías nacen de la necesidad de determinar un caudal ecológico mínimo que dé respuesta, con la mayor garantía posible, dentro de las incertidumbres presentes por la falta de datos, a los requerimientos ambientales de flujo superficial, de los espacios naturales afectados por la

construcción de las presas. Esto no quiere decir que se desechen los métodos hidrológicos, que servirán como contraste y verificación de estos otros métodos.

Asimismo, se ha considerado que lo más adecuado para cumplir el objetivo de mantener los bofedales es la determinación de un régimen de caudal ecológico circulante diferente según las distintas épocas del año, con el fin de que se adapte lo más posible al régimen hidrológico natural, con existencia en el caudal ecológico de periodos de aguas altas y periodos de aguas bajas, ya que a ellos se han adaptado los ecosistemas acuáticos dependientes.

Como ejemplo, señalar el caso español, en la década de los 90, hasta la aprobación de la DIRECTIVA 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (Directiva Marco del Agua), se utilizaban métodos hidrológicos para estimar los caudales ecológicos, entonces denominados reservas hidrológicas por motivos ambientales, y se hacía a nivel de planificación hidrológica, sin tener en cuenta las características particulares de cada río o tramo. Así, normalmente se aplicaba un porcentaje del caudal medio anual, establecido en cada Plan de Cuenca, generalmente en un 10%.

Con la trasposición de la Directiva Marco del Agua (DMA) y la aprobación de la Instrucción de Planificación Hidrológica, mediante Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, la estimación de caudales ecológicos que se está aplicando en los nuevos Planes Hidrológicos de Demarcación, se lleva a cabo mediante la combinación de métodos hidrobiológicos e hidrológicos, validando los hidrológicos con una muestra de hidrobiológicos, y se utilizan para cada tramo particular de cada masa de agua superficial identificada en cada uno de ellos.

Los métodos hidrológicos permiten conocer el régimen de caudal natural, a partir del análisis estadístico de series hidrológicas mínimas de 20 años o, si no están disponibles, mediante modelos matemáticos de precipitación-escorrentía. La citada instrucción establece como métodos hidrológicos a aplicar la definición de variables de centralización móviles anuales, de orden único o variable, y la definición de percentiles entre el 5 y el 15% a partir de la curva de caudales clasificados.

Los métodos hidrobiológicos, por su parte, se aplican a una o varias especies piscícolas de referencia de un número representativo de masas de agua (se recomienda un mínimo del 10% de las masas de categoría río). El método que se recomienda es el que utiliza las curvas de hábitat potencial útil-caudal.

A partir de los resultados se genera un régimen de caudales mínimos para cada mes, sin embargo la mayoría de las Administraciones Hidráulicas en sus respectivas Demarcaciones Hidrográficas han generado, para facilitar la gestión, sin desatender las necesidades hídricas de los distintos ecosistemas, un régimen de caudales cuatrimestral, definiendo un periodo de caudales máximos, medios y bajos (3 tipos de caudales frente a 12).

En el apéndice nº 1 se muestra un ejemplo de aplicación de dicha Directiva a una masa de agua de la Demarcación Hidrográfica del Ebro que depende de un glaciar, en los Pirineos, en la frontera entre España y Francia.

#### 4.3.5.2 Metodologías para la determinación de caudales ecológicos en la zona de estudio

Ya en el Estudio Inicial (EI) se propone completar los caudales ecológicos calculados con otras metodologías como son:

La evaluación del habitat de los ecosistemas acuáticos. Si bien los métodos hidrobiológicos son los más recomendados, ya que tiene en cuenta el ecosistema fluvial o, al menos, los requerimientos de hábitats de las especies que los forman, ajustándose de manera más adecuada a la propia definición de caudal ecológico, no es posible su aplicación en la zona de estudio por la falta de datos de estructura y funcionamiento de los ecosistemas del curso de agua afectado y por el esfuerzo en tiempo y medios que requieren los estudios que deben realizarse para obtenerlos.

Los métodos hidráulicos, los cuales requieren del conocimiento de los caudales que circulan por el curso de agua, a través de la instalación de aforos. Estos datos no están disponibles, por lo que tampoco es posible aplicar estos métodos en la zona de estudio.

Si bien no existen datos de aforos y por tanto datos diarios de caudales, el análisis de series hidrológicas puede realizarse mediante modelización de precipitación-escorrentía. Por tanto, para el caso que se estudia, los métodos hidrobiológicos basados en datos de aportaciones de paso mensual, resultan los más apropiados. Además, permiten realizar las estimaciones en gabinete con un apoyo de verificación en campo y son rápidos de aplicar.

Señalar que con base a los estudios del EI, se tiene en cuenta una metodología la cual se ha considerado por su interés. A la vista de falta de datos para aplicar métodos no hidrológicos, se ha determinado que la metodología agronómica puede ser realmente aplicada en el lugar de estudio, ya que determina la cantidad de agua necesaria para el mantenimiento de los ecosistemas más relevantes de la zona de estudio, los bofedales, a través del riego que actualmente los usuarios hacen por medio de canales periféricos para aumentar el área de producción de pastos que puedan ser aprovechados por la ganadería.

Asimismo a la vista de la importancia ambiental que presentan estos ecosistemas antropizados, principalmente los más afectados por la interrupción del flujo superficial, el bofedal de Hichu Khota bajo la presa de Khara Khota y el bofedal de Linku Punku bajo la presa de Taypichaca, se presenta una metodología ambiental la cual contempla que el régimen de caudales ecológicos que se determine, deberá alcanzar tal volumen medio mensual, que pueda de manera media mensual a lo largo del año, regenerar el volumen del bofedal, entendiéndose este volumen como la profundidad media del bofedal por su superficie, suponiendo que todo él está cubierto de agua.

Estas dos últimas metodológicas, las cuales son posible implementar por existencia de datos para su aplicación, se complementan con algunos de los distintos métodos hidrológicos que se escogerán entre los que se enumeran a continuación y que serán utilizados para comprobación y análisis, como se ha comentado anteriormente.

#### 4.3.5.3 Métodos que definen el caudal ecológico de un río de forma directa como un porcentaje fijo del caudal medio de un periodo de tiempo (anual o mensual)

En España, los Organismos de Cuenca han estado aplicando el 10% del caudal medio anual, salvo en los casos que hubiera un régimen de caudales determinado generalmente por las Comunidades Autónomas con competencias en materia ambiental y pesca. En Ecuador, como se ha comentado anteriormente, sugiere también adoptar un valor de caudal equivalente al 10% del caudal medio anual. Asimismo esta metodología pero a nivel mensual, fijando un porcentaje para la media de caudales mensuales, se utiliza en Chile, donde se define un caudal equivalente al 20% del caudal medio mensual, con el límite máximo del veinte por ciento del caudal medio anual, el doble que en los dos casos anteriores.

Caudales mínimos según periodos de recurrencia, se calcula el caudal medio o mínimo para un periodo de retorno de  $n$  años. El El presenta esta metodología calcula el caudal ecológico basándose normalmente en la función de distribución de Gumbel u otras.

Percentiles entre el 5 y 15 de la curva de caudales clasificados, ya que estos permiten definir el umbral habitual del caudal mínimo. Este método viene recomendado en la Instrucción de Planificación Hidrológica española.

Método del Caudal Básico de Mantenimiento (QBM). Se trata de un método que propone un régimen temporal variado de caudales mínimos. Se define como el mínimo absoluto a mantener en el cauce y que se calcula mediante medias móviles del orden variable, entre 1 y 100.

Método de medidas móviles anuales de orden único, para 21 días consecutivos (Q21) o para 25 días consecutivos (Q25) más secos del periodo. Son valores que generalmente han circulado por el río durante un periodo largo de días. Este método también es recomendado en la Instrucción de Planificación Hidrológica española, así como en el Reglamento para la Determinación del Caudal Ecológico Mínimo chileno.

Método Q374, basado en el método suizo o de Mathey, en el que se plantea un algoritmo basado en el caudal igualado o superado durante 347 días al año, es decir, es el caudal que sólo durante 18 días al año circulan por el cauce caudales menores.

Método 7Q10, en el que el caudal ecológico es el valor correspondiente al caudal mínimo medio de 7 días, para un periodo de ocurrencia de 10 años. Este método da el valor de caudal mínimo estadístico 7Q10 que corresponde al valor que en promedio se presenta una cada diez años, será igual o menor que el caudal medio en cualquier evento de 7 días de sequía consecutivos.

Entre los métodos descritos, los numerados del 2 al 6 requieren, para su aplicación, disponer de datos diarios de caudales (el 2 puede aplicarse con datos mensuales con reservas, ya que los datos utilizados serán mínimos medios). Sin embargo, los datos disponibles de la zona de estudio están referidos a caudales mensuales, siendo necesario restituirlos a diarios a partir de datos de estaciones de aforo estratégicas. Esta información actualmente no existe y su cálculo llevaría un trabajo, que debería llevarse a cabo a nivel de supracuencas, utilizando varias estaciones de aforo y diferentes cuencas para regionalizar y ajustar la metodología de restitución, que excede los objetivos del

presente proyecto, por lo que no es posible, en el caso que se estudia, utilizar esos métodos.

El método 2 propuesto en el artículo 48° del Reglamento en materia de contaminación Hídrica de la Ley del Medio Ambiente descrita anteriormente no se ha utilizado ya que aparte de no contar con datos diarios, se considera que su aplicación estricta a los caudales mínimos diarios y la aplicación del 20% sobre estos, aunque sea con un periodo de retorno de 5 años, genera unos caudales mínimos muy bajos orientados a no detraer o verter un caudal excesivo del río y dejar siempre un caudal importante de agua en el cauce, pero que no puede tomarse como un caudal ecológico, ya que expresamente se refiere al caudal de captación y de retorno, no al caudal circulante.

Como una alternativa a mejorar los distintos porcentajes, existe la posibilidad de relacionar el método Q374 con datos mensuales. En 1990, el entonces órgano competente en planificación hidrológica de la administración española (Subdirección General de Planificación Hidrológica de la Dirección General de Obras Hidráulicas) realizó un estudio comparativo entre diferentes métodos hidrológicos para determinar caudales mínimos en varios ríos de la Península Ibérica. Entre ellos se estudiaron métodos que utilizan series de datos de caudal diarios, métodos para series mensuales y el citado método Q374. A su vez, en el citado estudio se realizó una correlación entre los diferentes métodos y el caudal mínimo estimado. Como resultado se obtuvo que el método Q374 es el más relacionado con el caudal mínimo.

Sin embargo, el método Q374 requiere, como ya se ha indicado, la restitución al régimen natural de la serie diaria de aportaciones, algo que no resulta fácil y precisa, en muchos caso, su deducción a partir de datos pluviométricos, lo cual es difícil realizar a escala diaria.

Por este motivo, en el estudio mencionado se propone, a partir de valores de regresión entre los valores obtenidos con el método Q374 y los obtenidos con un método que utiliza valores de caudales mensuales. Este último consiste en determinar el valor correspondiente al percentil del 10% de la serie constituida por los caudales mensuales, del mes hidrológicamente más seco de cada uno de los años de la serie total considerada (Q10MS). Así, a partir de los caudales mínimos estimados con ese método, se puede obtener el valor Q374 a partir de la siguiente función:

$$Q374 = 0,964 (Q10MS) + 0,069$$

Señalar que la función presentada que relaciona el Q347/Qm, necesita de necesita de una regionalización de la red hidrográfica en áreas homogéneas y una muestra suficiente de ríos dentro de estas, para establecer relaciones estables. Por ello la relación presentada puede ser de utilidad pero siempre teniendo encuentra lo anteriormente citado. Se pude obviar, a falta de datos, dicho ajuste y relacionar directamente el Q374=Q10MS.

#### 4.3.5.4 Elección de las metodologías a utilizar

De las metodológicas anteriormente expuestas se ha determinado utilizar aquellas de las que se disponen datos suficientes para su implementación y que se consideran que pueden cumplir con el objetivo ambiental de conservación y mantenimiento de los

distintos ecosistemas afectados. Estas son la metodología agrológica y la ambiental apoyada por las hidrológicas. A continuación se describen estas:

### Metodología agrológica

La método denominado como agrológico, que considera el régimen de caudales mínimos ecológicos, como la cantidad de agua necesaria para el desarrollo de las especies presentes en los bofedales, afectados directamente, como si fueran un cultivo de humedales, con la finalidad de que el mantenimiento de estos riegos procurará la recarga necesaria para el mantenimiento de los ecosistemas de los bofedales.

Para la aplicación de esta metodología se utilizan la información presente en la guía 56 sobre riego y drenaje de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), denominada “Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos”. En esta publicación se define el agua necesaria para una determinada especie vegetal a partir de la siguiente fórmula:

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Donde

ET<sub>c</sub>= es la evapotranspiración del cultivo

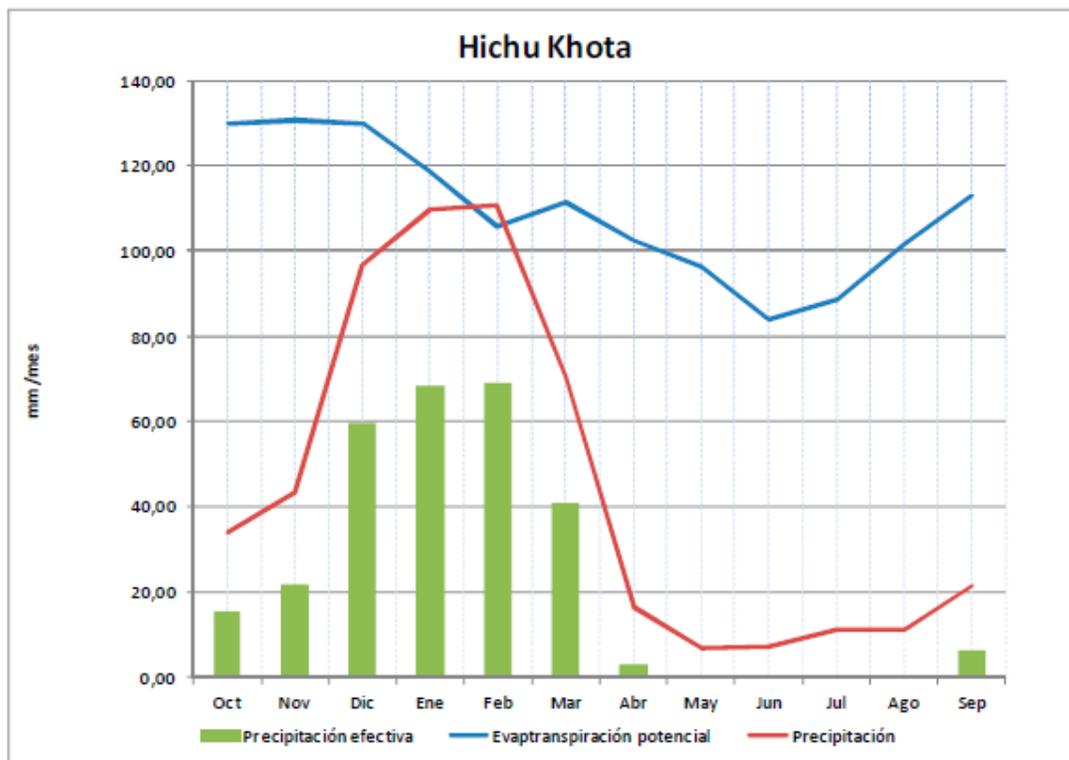
K<sub>c</sub> = es el coeficiente de cultivo

ET<sub>o</sub>= evapotranspiración de referencia o potencial

Se calcula la necesidad hídrica del bofedal como la ET<sub>c</sub>, utilizando la ET<sub>o</sub> media de la zona y un coeficiente de cultivo K<sub>c</sub> típico de un cultivo de humedales, como son el carrizo y el junco, con agua permanente sobre el suelo, en su época de mayor desarrollo. Para estas características el K<sub>c</sub> adopta un valor de 1,2. Este valor, en principio, disminuye según la época de desarrollo del cultivo, pero en este estudio no se ha tenido en cuenta esa disminución del K<sub>c</sub>, que se mantiene en 1,2 todo el año. Este supuesto deja del lado de la seguridad las necesidades hídricas superficiales de los bofedales directamente afectados y minimiza las incertidumbres presentes debido a la falta de información.

A falta de estudios de detalle del funcionamiento de dichos bofedales se considera esta hipótesis útil e interesante y por lo tanto muy adecuada para compararla con los métodos hidrológicos, ya que si actualmente el riego de estos ecosistemas conlleva su mantenimiento, el mantenimiento obligado de estos riegos ayudara a conservar estos ecosistemas y su utilidad para la comunidades presentes, que explotan su pastos.

Evidentemente las necesidades hídricas hipotéticas de las especies presentes en los bofedales estarán en función de la precipitación efectiva. A continuación se muestra la precipitación media y la evapotranspiración media de la zona de Hichu Khota.



**Figura 4.3-21 Precipitación efectiva frente a la evapotranspiración de referencia en la zona de Hichu Khota**

Fuente: Prointec (2014)

A partir de estos datos y la superficie considerada, de las zonas que se ven afectadas directamente e indirectamente por la interrupción del flujo superficial, descrita en apartados anteriores, se calculan, según se ha expuesto, las necesidades hídricas medias teóricas de riego del bofedal de Hichu Khota que se utilizan para el cálculo del régimen de caudales y que se muestra en el siguiente gráfico.

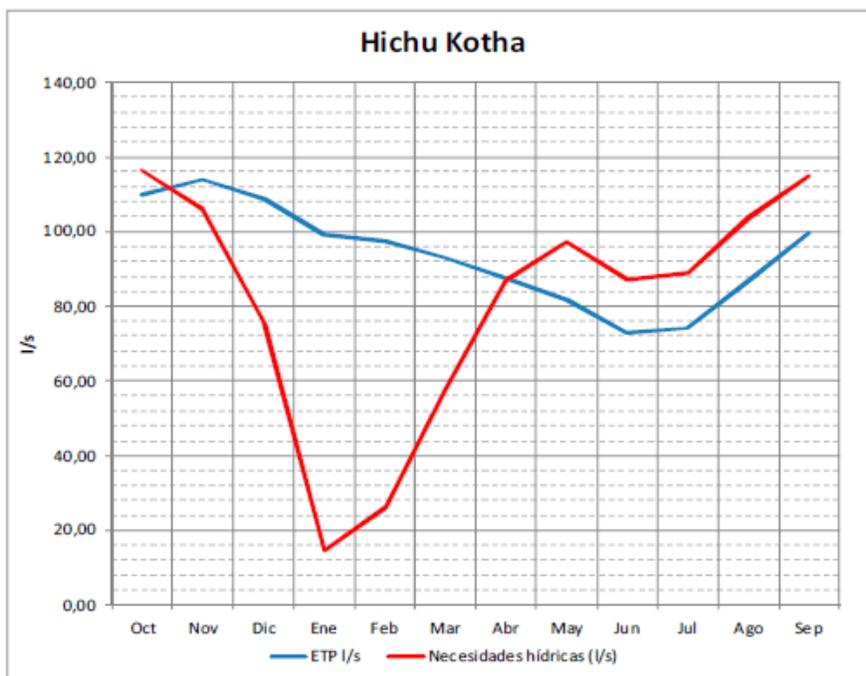


Figura 4.3-22 Necesidades de riego de los bofedales de Hichu Khota

Fuente: Prointec (2014)

En el mismo proceso se ha realizado para la zona afectada por el recrecimiento de la presa de Taypichaca, cuyos resultados se muestran a continuación.

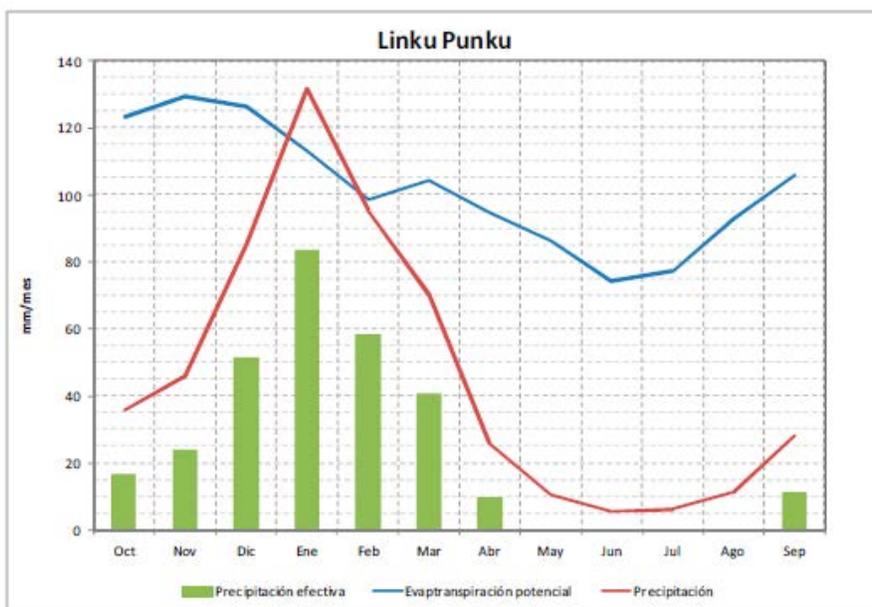
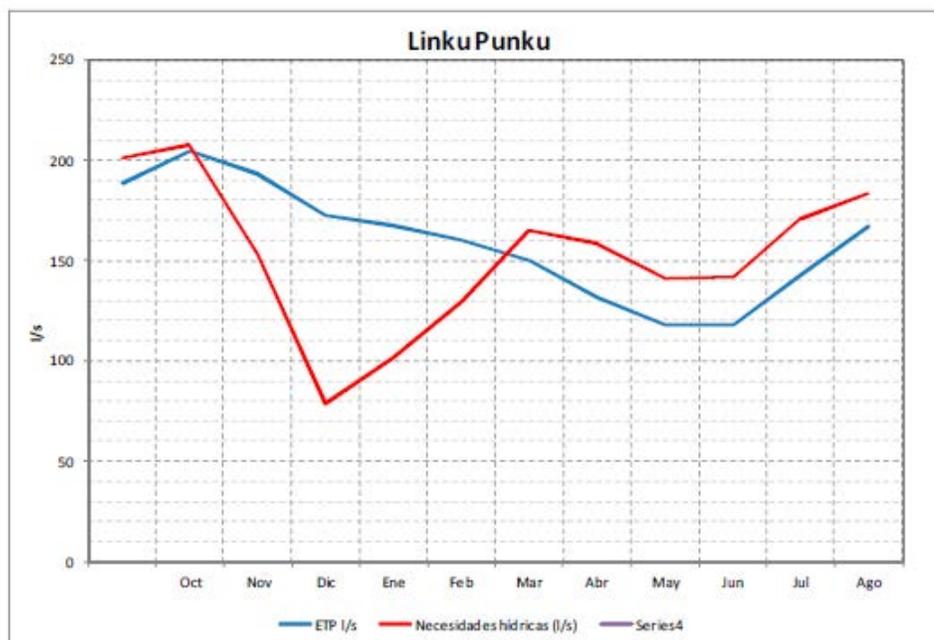


Figura 4.3-23 Precipitación efectiva frente a la evapotranspiración de referencia en la zona de Linku

Fuente: Prointec (2014)



**Figura 4.3-24 Necesidades de riego de los bofedales de Linku**

Fuente: Prointec (2014)

Para el cálculo de las necesidades hídricas se han utilizado las precipitaciones registradas o sintéticas en las estaciones pluviométricas utilizadas para la determinación de la demanda de riego. Asimismo para el cálculo de la evaporación de referencia (ETo) se ha utilizado la metodología desarrollada en la determinación de las necesidades de los distintas zonas regables, a través de la utilización del programa ABRO. Esta metodología se detalla con mayor detalle en el apartado de asignación de caudales para riego.

### Metodología ambiental

La metodología definida como ambiental, determina los caudales mínimos ambientales que son suficientes para mantener los niveles de agua de los bofedales y además son capaces de regenerar del volumen de agua de estos en un periodo medio de un mes. En este caso se consideran únicamente los dos bofedales que se han considerado directamente afectados por la interrupción del flujo superficial. El resto de bofedales, tanto afectados indirectamente por las presas, como presentes en la totalidad de la cuenca, según se ha comentado anteriormente reciben una serie de aportaciones subterráneas que desvirtúan la aplicación de este método.

Para desarrollar esta metodología se ha contado en un principio con la información del estudio de Rosa Isela Meneses, que describe las características de los bofedales tanto de superficie con de profundidad media.

Los datos de este estudio fueron contrastados en campo durante la visita que se llevó a cabo en la primera semana de abril. Durante estos trabajos se midió la profundidad en varios puntos, de los dos bofedales directamente afectados aguas abajo de las presas proyectadas, constatando que la información presentada en el estudio de Isela Meneses era en gran medida correcta. Durante estos trabajos de campo se visitaron las zonas de

desagüe de los dos bofedales constatándose que el bofedal de Hichu Khota mantiene su nivel artificialmente debido a una pequeña represa artesanal, mientras que el bofedal de Linku Punku tiene salida libre. En esta última salida se estimó de manera puntual y aproximada, sin instrumentos de medición, el caudal en unos 700 l/s es decir aproximadamente el 50% de la aportación media para el mes de abril en la presa de Taypichaca.

Los resultados para el bofedal de Hichu Khota, teniendo en cuenta una superficie de aproximada de 52 hectáreas y una profundidad media de 0,65 metros, lo cual resulta un volumen de bofedal del 338.000 m<sup>3</sup>. Este volumen es un volumen teórico, que está del lado de la seguridad al considerar que todo el volumen útil es agua.

A continuación se muestran los volúmenes medios mensuales generados con el régimen de caudales ecológicos propuestos, que se muestran en el siguiente punto. Esta propuesta genera de media anual un volumen de regeneración del bofedal de cerca de 368.000 m<sup>3</sup> produciéndose la regeneración del volumen de agua del bofedal.

**Tabla 4.3-44 Volumen mensual aportado en Hichu Khota con el régimen de caudales propuesto**

Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media
321.408	290.304	535.680	518.400	535.680	518.400	267.840	267.840	259.200	267.840	311.040	321.408	367.920

Fuente: Prointec, 2014

Respecto al bofedal de Linku Punku se ha considerado una superficie aproximada de 123 hectáreas y una profundidad media de 0,35 metros, lo cual da un volumen de bofedal del 430.500 m<sup>3</sup>. Al igual que el caso anterior, este volumen es un volumen teórico que está del lado de la seguridad al considerar que todo el volumen útil es agua.

A continuación se muestran los volúmenes medios mensuales generados con el régimen de caudales ecológicos propuestos, que se muestran en el siguiente punto. Esta propuesta genera de media anual un volumen de regeneración del bofedal de cerca de 534.000 m<sup>3</sup> produciéndose la regeneración del volumen de agua de este.

**Tabla 4.3-45 Volumen mensual aportado en Linku Punku con el régimen de caudales propuesto**

Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Media
508.896	459.648	669.600	648.000	669.600	648.000	455.328	455.328	440.640	455.328	492.480	508.896	534.312

Fuente: Prointec, 2014

**Métodos hidrológicos de apoyo**

Respecto a los métodos hidrológicos, como métodos de apoyo y contraste, se ha optado por los métodos que definen un porcentaje fijo del caudal medio anual o mensual. Entre ellos, es recomendable aplicar caudales medios mensuales, pues debe tenerse en cuenta la estacionalidad del régimen de caudales en un río y evitar aplicar un caudal ecológico

fijo. Entre los utilizados están el 10% del caudal medio mensual, el 10% del caudal medio anual, el Q10M, el 20% del caudal medio anual y el 20% del caudal medio mensual según la legislación chilena (con el límite máximo del veinte por ciento del caudal medio anual). Estos aparecen representados en las gráficas presentes en el apartado de resultados. Estos datos provienen de las aportaciones calculadas en el estudio de hidrología del presente proyecto, a partir de modelos continuos de transformación precipitación-escorrentía.

#### 4.3.5.5 Resultados

A continuación se muestran los resultados de las distintas metodologías descritas anteriormente. Señalar que los resultados de la metodología ambiental se han mostrado en el apartado anterior. Para la comprobación y validación de los requerimientos hídricos de los bofedales a partir de las necesidades de riego, el cual ha sido el principal método utilizado para la determinación del régimen de caudales ecológicos, se han calculado los caudales mínimos anuales constantes a lo largo de todo el año del: 10% del caudal medio anual, del 20% del caudal medio anual y el Q374=Q10MS (en la tabla de resultados corresponde con el enunciado Q10MS).

Además se han calculado los caudales mínimos anuales mensuales del: 10% del caudal medio mensual y el 20% del caudal medio mensual, aplicando en este último caso la legislación chilena, con un máximo mensual que no supere el 20% del caudal medio anual.

A continuación se muestran dichos resultados y el régimen de caudales modular propuesto para la zona de estudio.

**Tabla 4.3-46 Caudal ecológico mínimo calculado por métodos hidrológicos en Khara Khota**

Localización	Área (km <sup>2</sup> )	Caudal ecológico (l/s)			
		10%	20%	Q374	Q10MS
Khara Khota	62,13	105,05	210,10	149,30	154,80

Fuente: Prointec, 2014

**Tabla 4.3-47 Caudal ecológico mínimo calculado por métodos hidrológicos en Taypichaca**

Localización	Area (km <sup>2</sup> )	Caudal ecológico (l/s)			
		10%	20%	Q374	Q10MS
Taypichaca	82,87	139,60	279,21	110,74	114,80

Fuente: Prointec, 2014

**Tabla 4.3-48 Régimen de caudales ecológicos calculados por métodos hidrológicos en Khara Khota**

Khara Khota	Caudal ecológico (l/s)											
Método utilizado	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Hidrológico 10%	52,78	82,96	132,10	204,06	222,52	186,29	125,37	85,67	61,72	42,62	35,03	29,49
Hidrológico 20% (legislación chilena)	105,56	165,91	210,10	210,10	210,10	210,10	210,10	171,35	123,44	85,23	70,06	58,98
Agrológico Requerimientos riego	117,95	116,84	81,02	62,19	53,53	78,23	104,17	97,19	87,50	89,38	102,50	111,89

Fuente: Prointec, 2014

**Tabla 4.3-49 Régimen de caudales ecológicos calculados por métodos hidrológicos en Taypichaca**

Taypichaca	Caudal ecológico (l/s)											
Método utilizado	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Hidrológico 10%	81,71	128,18	233,68	355,95	318,00	237,86	110,12	63,12	43,78	31,56	33,17	38,13
Hidrológico 20% (legislación chilena)	163,43	256,36	279,21	279,21	279,21	279,21	220,24	126,23	87,55	63,12	66,35	76,26
Agrológico Requerimientos riego	200,83	207,92	153,10	79,06	101,42	129,59	164,64	158,31	141,22	141,79	170,83	183,13

Fuente: Prointec, 2014

A continuación se muestran gráficamente dichos caudales.

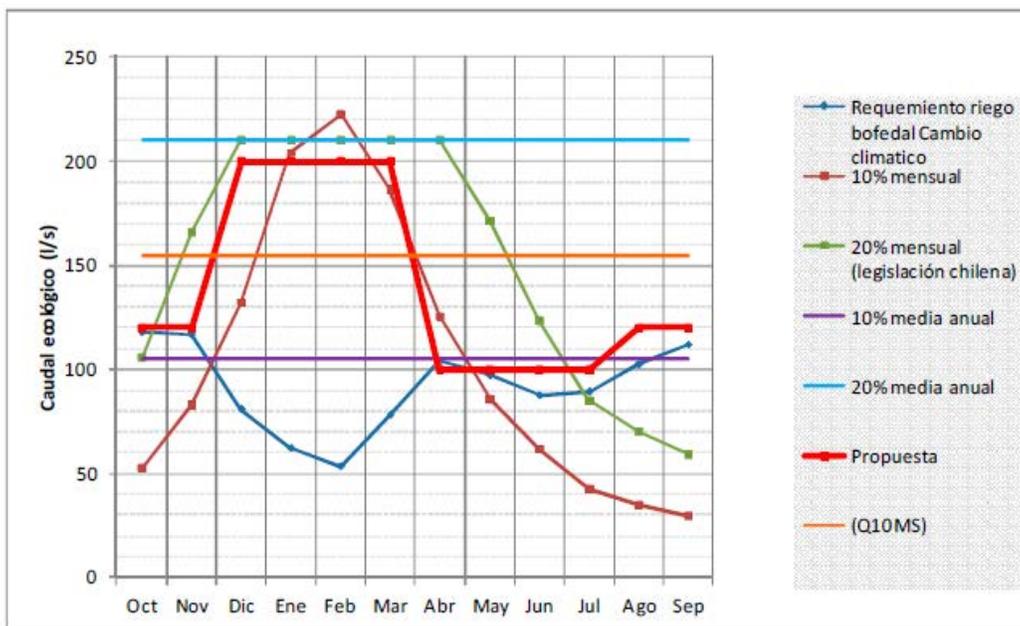


Figura 4.3-25 Propuesta de caudal ecológico modular en la presa de Khara Khota

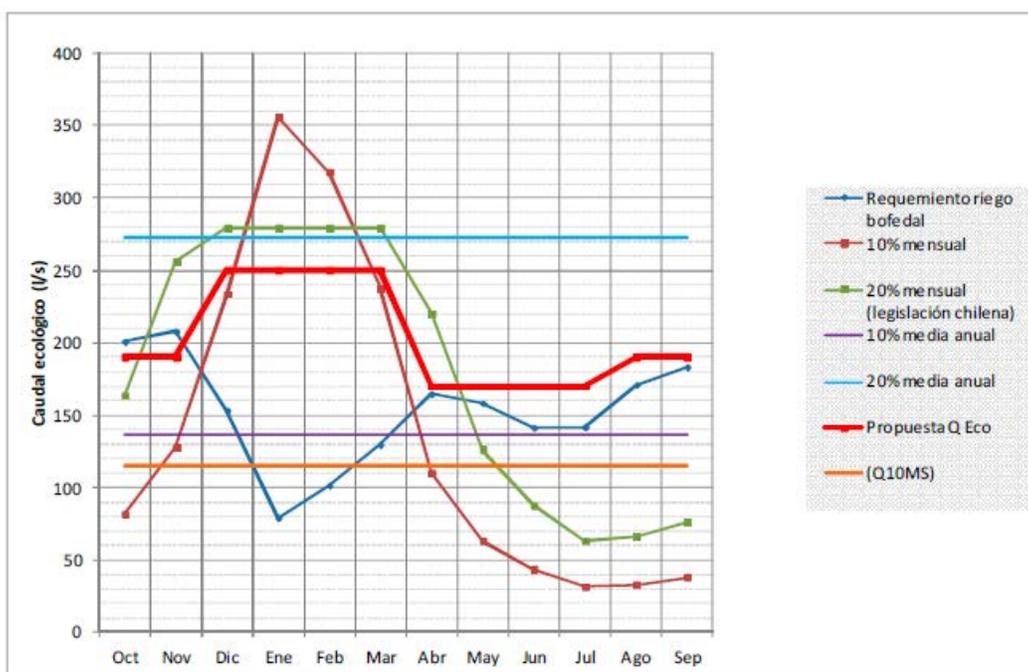


Figura 4.3-26 Propuesta de caudal ecológico modular en la presa de Taypichaca

A la vista de los resultados de la aplicación de los distintos métodos hidrológicos basados en un determinado porcentaje de la aportación media y de las necesidades de riego de los bofedales, con el fin de tener un régimen de caudal ecológico que además sea lo más eficiente para su cumplimiento, seguimiento y control por parte de la administración competente se propone modular estos caudales ecológicos mínimos, de forma que se ofrecen resultados para tres periodos homogéneos.

- ✓ Aguas altas: Meses de Diciembre, Enero, Febrero y Marzo.
- ✓ Aguas medias: Meses de Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre.
- ✓ Aguas bajas: Meses de Abril, Mayo, Junio y Julio.

La elección de estos meses se debe a la similitud que ofrecen en su comportamiento con las necesidades de riego de los bofedales que son los valores más determinantes para la estimación de los caudales ecológicos mínimos. El periodo de aguas altas pretende mantener el régimen lo más naturalizado posible, manteniendo los valores de recarga de las zonas bajas y proporcionando mayor caudal en época de lluvias. Estos caudales deberían ser respetados desde el elemento de regulación salvo en las situaciones en las que los caudales naturales en cola del embalse aguas arriba, sean menores al régimen de caudales mínimos propuesto. En el caso de que los caudales naturales en cola del embalse de manera extraordinaria fueran inferiores a 50 l/s se propone que esta cifra sea mantenida por las reservas del embalse, con el objetivo de dejar un caudal mínimo circulando por el río.

A continuación se muestra el régimen de caudales propuestos:

**Tabla 4.3-50 Propuesta del régimen de caudales ecológicos para Khara Khota y Taypichaca**

Método hidrológico	Caudal ecológico (l/s)											
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Propuesta de régimen de caudales ecológicos Khara Khota	120	120	200	200	200	200	100	100	100	100	120	120
Propuesta de régimen de caudales ecológicos Taypichaca	190	190	250	250	250	250	170	170	170	170	190	190

Fuente: Prointec, 2014

En vista de lo anteriormente expuesto, se propone un único caudal ecológico mínimo modular para Khara Khota de: 100 l/s en el periodo de aguas bajas, de 120 l/s en el periodo de agua medias y de 200 l/s en el periodo de aguas altas. Y un único régimen de caudal ecológico mínimo para Taypichaca de: 170 l/s en el periodo de aguas bajas, de 190 l/s en el periodo de agua medias y de 250 l/s en el periodo de aguas altas, siempre y cuando el caudal natural en cola de embalse sea superior a dichos caudales, en caso contrario se mantendrá el caudal natural circulante, con un mínimo extraordinario, a mantener de continuo por las infraestructuras presentes de 50 l/s.

Es recomendable mantener el caudal ecológico de la cuenca Khara Khota, desde el punto de distribución de agua a los sistemas de riego Tupac Katari y Khara Khota - Suriquiña (543456 E, 8207730 S), hasta el límite del río Jacha Jahuirá y el área de microlocalización rural, en cercanías de la Comunidad de Antacollo (544323 E, 8211560 S).

Es recomendable mantener este caudal ecológico de la cuenca Taypichaca desde el punto de distribución de agua entre los sistemas de Riego Taypichaca Suriquiña y Taypichaca Palcoco (565518 E, 8205332 S), hasta el límite del río Khullu Cachi y la microlocalización rural en la cercanía de las Comunidades de Copancara y Huancane a orillas del Lago Titicaca (545800 E, 8201847 S).

#### 4.3.6 Rompimiento de la Presa

Este acápite se desarrolla en en la sección 5 del EEIA. Sin embargo, para la elaboración del análisis de riesgo por el rompimiento de una presa es importante considerar diferentes aspectos como son el mecanismo de rompimiento, el desplazamiento de la onda de creciente, la elaboración de mapas de inundación, la evaluación del riesgo propiamente dicha y la preparación de planes de contingencias sobre seguridad de presas.

Para el estudio del rompimiento de las presas de tierra posteriormente se analiza el efecto de la erosión abrupta y el desplazamiento de las ondas de creciente producidas por éstos, utilizando una modelación matemática adecuada.

Al hacer el análisis del rompimiento de la presa es importante considerar el modo de falla, así como la forma y desarrollo de la brecha, aspectos éstos que dependen principalmente del tipo de presa en consideración. La hipótesis más común es que, en las presas de concreto, el rompimiento es casi instantáneo (colapso súbito) y puede ser total o parcial. En las presas de tierra, generalmente el rompimiento se da por erosión (sobrevvertimiento o tubificación) y progresa con el tiempo desde formas geométricas iniciales hasta extenderse por toda la presa.

Se debe acotar que los resultados que halla PROINTEC respecto a los tiempos de rotura y anchos de brecha son relativamente similares a los de CPM. Se hacen las mismas consideraciones respecto a áreas de inundación, detallando de algún modo las comunidades afectadas.

A continuación se presenta una Tabla resumen respecto a la evaluación de los parámetros más importantes en el rompimiento de las presas.

**Tabla 4.3-51 Resumen de Parámetros de Rotura**

Lugar	Tipo de presa	Nº Comunidades Afectadas	Tiempo de Rotura		Ancho de Rotura (m)		Caudal de Rotura (m3/seg)	
			Prointec	CPM	Prointec	CPM	Prointec	CPM
Taypichaca	Materiales sueltos	3 (Tres)	2 Horas	2 Horas	72.15	57.00	2862	2967
Khotia Khota	Hormigón	3 (Tres)	10-15 Min.	10-15 Min.	30.00	30.50(*)	1784	2632

(\*): Determinado por el número de bloques de construcción de la presa (Si 10 m/bloque, entonces tres bloques). Fuente: Elaboración propia en base a resultados del estudio.

### 4.3.7 Caracterización de calidad de agua

#### 4.3.7.1 Calidad de Agua

Para fines de caracterización de la calidad de agua de las fuentes identificadas para el proyecto, se ha recopilado resultados de análisis de laboratorio de diversas fuentes, las cuales se presentan a continuación.

**Tabla 4.3-52 Resultados de análisis de agua**

Parámetro	Unidad	NB512	Río Jacha Jahuira		Río Khullu Cachi		
			Jacha Jahuira (1)	Kotia Khota (2)	Khullu Cachi (1)	Taypichaca	Linku (3)
pH		6,5 - 9,0	6,33	6,98	7,09	7,14	6,86
Turbiedad	UNT	5	0,45	1,24	0,7	1,48	
Conductividad	uS/cm	1500	52,7	54,6	68	62,4	74,2
Solidos disueltos	mg/l	1000	36	30	45	46	
Alcalinidad	mg/l	370	10,02	12	14,24	14	
Bicarbonatos	mg/l		10,02	12	14,24	14	
Carbonatos	mg/l		0	0	0	0	
Calcio	mg/l	200	6,81	6,41	8,22	9,22	3,81
Cloruros	mg/l	250	< 0,12	< 0,25	< 0,12	< 0,25	
Dureza	mg/l	500	22	22	22	27	11,82
Hierro total	mg/l	0,3	< 0,02	< 0,05	< 0,02	< 0,05	
Magnesio	mg/l	150	1,22	1,46	0,49	0,97	0,56
Manganeso	mg/l	0,1	< 0,02	< 0,05	< 0,02	< 0,05	
Potasio	mg/l		0,18		0,21		0,69
Sodio	mg/l	200	3,09	1,76	3,15	1,64	1,92
Sulfatos	mg/l	400	10,56	16,91	18,8	20,13	
Coliformes totales	UFC/100 ml	0/100 ml	468	100	20	350	
Coliformes termotolerantes	UFC/100 ml	0/100 ml	28	< 1	0	< 1	
Escherichia Coli	UFC/100 ml	0/100 ml		< 1		< 1	incoloro
Color	uc	15		7,5		7,5	
Nitrato	mg/l	45		0,65		0,62	
Nitrito	mg/l	0,1		< 0,01		< 0,01	
Fluoruro	mg/l	1,5		0,2		0,12	
Cromo total	mg/l	0,05		< 0,05		< 0,05	
Zinc	mg/l	5		< 0,05		< 0,05	
DBO5	mg/l			< 1		1	
N Amoniacal	mg/l	0,5		< 0,06		< 0,06	
Fenoles	µg/l	2		< 0,15		0,15	
Relación de Adsorción de Sodio (RAS)			0,29				0,24
Tipo de Agua			C1S1				C1S1

Fuentes: (1) IC-Rimac, 2013

(2) Prointec, 2013

(3) HEMA Consultores, 2012

Como se observa de la tabla, los valores obtenidos en laboratorio, son menores a los límites máximos permisibles para agua potable según la NB 512, a excepción de los valores de calidad bacteriológica para ambos ríos, lo que se correlaciona con el uso pecuario de la zona de embalse, ya que no se evidenció algún tipo de descarga de aguas residuales.

Tal como se indica en el estudio TESA (Prointec, 2013), se recomienda en este caso una desinfección en la Planta de tratamiento de agua potable (PTAP), para cumplir con los valores requeridos en la NB 512.

De igual forma, se procedió a la toma de muestras de agua en correlación a la toma de muestras de suelo de bofedales, dichos resultados de análisis de calidad de agua se presentan a continuación:

**Tabla 4.3-53 Resultados de análisis de agua**

Parámetros	Unidad	Resultados					
		A 36 – 1 (AG 1)	A 36 – 2 (AG 2)	A 36 – 3 (AG 3)	A 44 – 1 (AG 5)	A 44 – 2 (AG 7)	A 44 – 3 (AG 6)
Coordenadas	Norte	574162	573533	568773	572338	564416	565596
	Este	8213923	8214486	8206933	8214082	8203528	8204944
pH		7.0	6.9	7.0	6.9	9.4	7.7
Conductividad eléctrica	µs/cm	67	52	62	84	55	64
Sulfatos	mg/l	19	15	15	20	14	14
Cloruros	mg Cl/l	0.14	0.12	0.14	0.98	0.27	0.36
Nitratos	mg N-NO <sub>3</sub> /l	< 0.30	< 0.30	< 0.30	< 0.30	< 0.30	< 0.30
Nitritos	mg N-NO <sub>2</sub> /l	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010
Sólidos suspendidos	mg/l	< 5.0	22	< 5.0	< 5.0	< 5.0	< 5.0

Fuente: CPM (2013)

**Tabla 4.3-53 Resultados de análisis de agua (Continuación)**

Parámetros	Unidad	Resultados				
		A 51 – 1 (AG 11)	A 51 – 2 (AG 12)	A 51 – 3 (AG 13)	A 57 – 1 (AG 15)	A 57 – 2 (AG 17)
Coordenadas	Norte	574573	571748	568806	567657	557868
	Este	8224606	8219688	8215691	8211286	8208511
pH		6.6	6.5	7.0	6.9	6.8
Conductividad eléctrica	µs/cm	32	31	55	21	53
Sulfatos	mg/l	7.3	9.2	14	< 1.0	12
Cloruros	mg Cl/l	0.14	0.12	0.15	0.66	3.4
Nitratos	mg N-NO <sub>3</sub> /l	< 0.30	< 0.30	< 0.30	0.71	< 0.30
Nitritos	mg N-NO <sub>2</sub> /l	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010
Sólidos suspendidos	mg/l	33	62	26	< 5.0	< 5.0

Fuente: CPM (2013)

Estos análisis fueron realizados en el Laboratorio de Calidad Ambiental de la UMSA, acreditado por la Autoridad Ambiental Competente Nacional y las planillas originales se presentan en el Anexo 2 y su ubicación se presenta en el mapa 9.5.

Los resultados presentados, indican una mejor calidad de agua en los bofedales que en el río inclusive, los niveles de nutrientes tales como nitritos y nitratos están por debajo de los niveles detectables, de igual forma los niveles de sólidos suspendidos son muy bajos.

### 4.3.7.2 Clasificación de Cuerpos de agua

A partir del Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (DS 24176), se cuenta con parámetros de calidad de agua, los cuales se presentan a continuación:

**Tabla 4.3-54 Parámetros de comparación**

Clase	Coliferales NMP/100ml	pH	Nitratos (mg/l)	DBO5 (mg/l)	Sodio (mg/l)	Manganeso (mg/l)	Calcio (mg/l)	Magnesio (mg/l)	Cloruros (mg/l)
A	50 - 5	6 a 8,5	20,0	<2	200	0,5	200	100	250
B	1000 - 200	6 a 9	30,0	<5	200	1,0	300	100	300
C	5000 - 1000	6 a 9	50,0	<20	200	1,0	300	150	400
D	50000 - 5000	6 a 9	50,0	<30	200	1,0	400	150	500

Clase	Sulfatos (mg/l)	Carbonatos * (mg/l)	Bicarbonatos * (mg/l)	Potasio * (mg/l)	Sólidos totales * (mg/l)	Sólidos en suspensión * (mg/l)	Sólidos Disueltos (mg/l)	Cromo Total (mg/l)
A	300						1000	0,05
B	400						1000	0,05
C	400						1500	0,05
D	400						1500	0,05

(\*) No caracterizado en el Anexo A – 1 del RMCH

Fuente: Reglamento en materia de contaminación hídrica - RMCH (DS 24176, 1995)

Las clases que se indican en el cuadro se basan en su aptitud de uso del recurso hídrico y de acuerdo a las políticas ambientales de Bolivia, sirven para la clasificación de cuerpos de agua a nivel Nacional, según el artículo 4 del Reglamento en materia de contaminación hídrica tienen la siguiente definición:

- ✓ **Clase A:** Aguas naturales de máxima calidad, que las habilita como agua potable, para consumo humano sin ningún tratamiento previo, o con simple desinfección bacteriológica, en los casos necesarios, verificados por laboratorio.
- ✓ **Clase B:** Aguas de utilidad general que, para consumo humano, requieren tratamiento físico y desinfección bacteriológica.
- ✓ **Clase C:** Aguas de utilidad general que, para ser habilitadas para consumo humano, requieren tratamiento físico químico completo y desinfección bacteriológica.
- ✓ **Clase D:** Aguas de calidad mínima que, para consumo humano, en los casos extremos de necesidad pública, requieren un proceso inicial de pre sedimentación, pues pueden tener una elevada turbiedad por elevado contenido de sólidos en suspensión, y luego tratamiento físico químico completo y desinfección bacteriológica especial contra huevos y parásitos intestinales.

Como se observa de los resultados de laboratorio, las muestras de agua obtenidas del río Jacha Jahuirá y del Río Khullu Cachi, se encuentran dentro de los valores de un cuerpo de agua **Clase A**, el valor de Coliformes se encuentra ligeramente por encima del límite de la Clase A, sin embargo este aspecto no es relevante en función a que los valores de Coliformes Termoresistentes y E. Coli presentes están por debajo del límite de la Clase A.

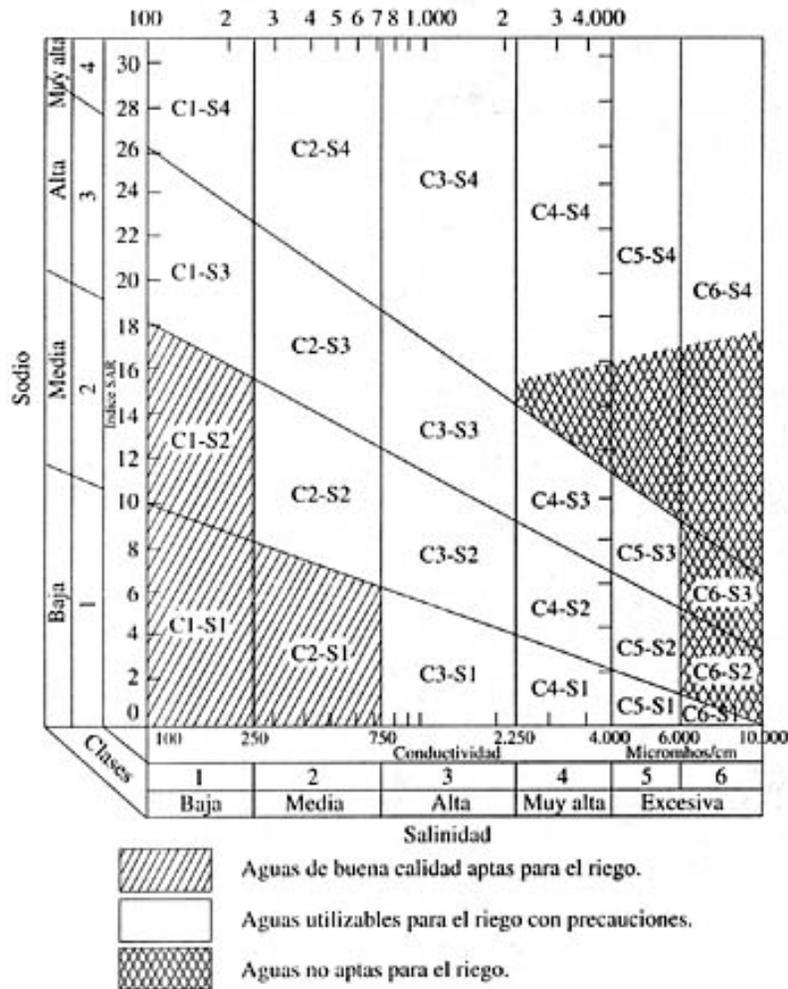
### 4.3.7.3 Clasificación del Agua para Riego

A partir de los datos de Conductividad Eléctrica y Relación de Adsorción de Sodio (RAS) se establece la Clasificación del Agua según las normas Riverside (Tabla 3.1.36 y Figura 3.1.12) que es un método fundamental para definir su calidad.

**Tabla 4.3-55 Clasificaciones de las Aguas según las Normas Riverside**

Tipos	Calidad y Normas de Uso
C1	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad.
C2	Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
C3	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C4	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C5	Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.
C6	Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.
S1	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
S2	Agua con contenido medio en sodio, y por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario
S3	Agua con alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación de sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
S4	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

Fuente: Blasco y de la Rubia (Lab. de suelos IRYDA,1973)



**Figura 4.3-27 Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego (U.S. Soil Salinity Laboratory).**

Fuente: Blasco y de la Rubia (Lab. de suelos IRYDA, 1973)

Bajo los parámetros de C.E. menor a 250 micro mhos/cm y un RAS menor a 8, el agua de los ríos Jacha Jahuirra y Khullu Cachi es apta para riego al presentar baja salinidad y bajo contenido de Sodio (**C1-S1**).

**4.3.7.4 Analisis de la tasa de sedimentación**

La producción de sedimentos de una cuenca depende de muchos factores, tales como el clima, el tipo de suelos, el uso de la tierra, la topografía y en nuestro caso la existencia de embalses.

De acuerdo a Langbein y Schumm que utilizaron datos e información de numerosas cuencas la tasa de producción máxima ocurre para aproximadamente 305 mm de precipitación media anual dado que en esas condiciones existe poca cobertura vegetal. Con precipitación máxima más intensa la vegetación prolifera y reduce la erosión y con lluvias más bajas también ocurre una reducción.

De acuerdo al criterio de G. Flemming, según estudios en más de 250 cuencas alrededor del mundo, la tasa media anual de transporte en suspensión  $Q_s$  en toneladas, se pueden obtener como una función del caudal medio anual para varios tipos de cobertura vegetal:

$$Q_s = a * Q^n$$

Donde:  $Q_s$  = Sedimentos en suspensión (Toneladas)

$Q$  = Caudal medio anual (pies<sup>3</sup>/seg)

$a$  y  $b$  = Coeficiente adimensional en función al tipo de cobertura.

$a = 17,472$  (De acuerdo a la cobertura existente en la zona de estudio).

$b = 0,65$  (De acuerdo a la cobertura existente en la zona de estudio).

Efectuando el análisis para los ríos Jacha Jahuira y Linku con la información de los caudales medios, se tiene:

**Tabla 4.3-56 Tasa de Sedimentación Río Linku en Taypichaca**

Año	Qmedio anual (m3/seg)	Qmedio anual (p3/seg)	a	n	Qs (Tn)
1974	1.75	61.75	17472	0.65	254842
1975	1.59	56.11	17472	0.65	239444
1976	1.83	64.58	17472	0.65	262355
1977	1.28	45.17	17472	0.65	207962
1978	1.45	51.17	17472	0.65	225520
1979	1.6	56.46	17472	0.65	240422
1980	1.19	41.99	17472	0.65	198336
1981	1.46	51.52	17472	0.65	226530
1982	1.11	39.17	17472	0.65	189564
1983	0.84	29.64	17472	0.65	158153
1984	1.78	62.81	17472	0.65	257673
1985	1.85	65.28	17472	0.65	264215
1986	1.63	57.52	17472	0.65	243343
1987	1.18	41.64	17472	0.65	197251
1988	1.22	43.05	17472	0.65	201572
1989	0.77	27.17	17472	0.65	149457
1990	1.24	43.76	17472	0.65	203714
1991	1.03	36.35	17472	0.65	180568
1992	0.91	32.11	17472	0.65	166599
1993	0.93	32.82	17472	0.65	168970
1994	1.13	39.87	17472	0.65	191777

<b>Año</b>	<b>Qmedio anual (m3/seg)</b>	<b>Qmedio anual (p3/seg)</b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>Qs (Tn)</b>
1995	1.06	37.40	17472	0.65	183969
1996	0.87	30.70	17472	0.65	161802
1997	1.09	38.46	17472	0.65	187337
1998	0.93	32.82	17472	0.65	168970
1999	1.01	35.64	17472	0.65	178281
2000	1.23	43.40	17472	0.65	202645
2001	2.13	75.16	17472	0.65	289563
2002	1.13	39.87	17472	0.65	191777
2003	1.01	35.64	17472	0.65	178281
2004	1.05	37.05	17472	0.65	182839
2005	0.84	29.64	17472	0.65	158153
2006	1.24	43.76	17472	0.65	203714
2007	1.06	37.40	17472	0.65	183969
2008	1.26	44.46	17472	0.65	205844
2009	1.28	45.17	17472	0.65	207962
2010	1.17	41.29	17472	0.65	196163
2011	1.51	53.28	17472	0.65	231543
Promedio					7741085
					<b>203713</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.3-57 Tasa de Sedimentación Río Jacha Jahuirra en Jhanco Khota**

<b>Año</b>	<b>Qmedio anual (m3/seg)</b>	<b>Qmedio anual (p3/seg)</b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>Qs (Tn)</b>
1974	0.34	12.00	17472	0.65	87853
1975	0.33	11.64	17472	0.65	86165
1976	0.38	13.41	17472	0.65	94440
1977	0.25	8.82	17472	0.65	71938
1978	0.27	9.53	17472	0.65	75628
1979	0.31	10.94	17472	0.65	82734
1980	0.25	8.82	17472	0.65	71938
1981	0.31	10.94	17472	0.65	82734
1982	0.19	6.70	17472	0.65	60185
1983	0.14	4.94	17472	0.65	49349
1984	0.38	13.41	17472	0.65	94440
1985	0.41	14.47	17472	0.65	99222
1986	0.32	11.29	17472	0.65	84459

**PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE**

<b>Año</b>	<b>Qmedio anual (m3/seg)</b>	<b>Qmedio anual (p3/seg)</b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>Qs (Tn)</b>
1987	0.26	9.17	17472	0.65	73795
1988	0.27	9.53	17472	0.65	75628
1989	0.18	6.35	17472	0.65	58106
1990	0.24	8.47	17472	0.65	70054
1991	0.18	6.35	17472	0.65	58106
1992	0.17	6.00	17472	0.65	55987
1993	0.18	6.35	17472	0.65	58106
1994	0.24	8.47	17472	0.65	70054
1995	0.28	9.88	17472	0.65	77437
1996	0.20	7.06	17472	0.65	62225
1997	0.18	6.35	17472	0.65	58106
1998	0.18	6.35	17472	0.65	58106
1999	0.17	6.00	17472	0.65	55987
2000	0.24	8.47	17472	0.65	70054
2001	0.41	14.47	17472	0.65	99222
2002	0.23	8.12	17472	0.65	68143
2003	0.18	6.35	17472	0.65	58106
2004	0.17	6.00	17472	0.65	55987
2005	0.18	6.35	17472	0.65	58106
2006	0.27	9.53	17472	0.65	75628
2007	0.19	6.70	17472	0.65	60185
2008	0.25	8.82	17472	0.65	71938
2009	0.28	9.88	17472	0.65	77437
2010	0.20	7.06	17472	0.65	62225
2011	0.31	10.94	17472	0.65	82734
Promedio					2712549
					<b>71383</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4.3-58 Tasa de Sedimentación Río Jacha Jahuira en Khotia Khotia**

Año	Qmedio anual (m3/seg)	Qmedio anual (p3/seg)	a	n	Qs (Tn)
1974	0.92	32.46	17472	0.65	167787
1975	0.86	30.35	17472	0.65	160591
1976	0.99	34.93	17472	0.65	175978
1977	0.67	23.64	17472	0.65	136535
1978	0.74	26.11	17472	0.65	145646
1979	0.83	29.29	17472	0.65	156927
1980	0.65	22.94	17472	0.65	133872
1981	0.80	28.23	17472	0.65	153216
1982	0.52	18.35	17472	0.65	115797
1983	0.38	13.41	17472	0.65	94440
1984	0.98	34.58	17472	0.65	174821
1985	1.05	37.05	17472	0.65	182839
1986	0.85	29.99	17472	0.65	159375
1987	0.65	22.94	17472	0.65	133872
1988	0.69	24.35	17472	0.65	139171
1989	0.45	15.88	17472	0.65	105411
1990	0.65	22.94	17472	0.65	133872
1991	0.50	17.64	17472	0.65	112883
1992	0.46	16.23	17472	0.65	106927
1993	0.49	17.29	17472	0.65	111410
1994	0.62	21.88	17472	0.65	129823
1995	0.68	24.00	17472	0.65	137857
1996	0.50	17.64	17472	0.65	112883
1997	0.52	18.35	17472	0.65	115797
1998	0.48	16.94	17472	0.65	109927
1999	0.48	16.94	17472	0.65	109927
2000	0.63	22.23	17472	0.65	131180
2001	1.11	39.17	17472	0.65	189564
2002	0.60	21.17	17472	0.65	127085
2003	0.49	17.29	17472	0.65	111410
2004	0.49	17.29	17472	0.65	111410
2005	0.46	16.23	17472	0.65	106927
2006	0.70	24.70	17472	0.65	140479
2007	0.53	18.70	17472	0.65	117240
2008	0.67	23.64	17472	0.65	136535
2009	0.71	25.05	17472	0.65	141780
2010	0.56	19.76	17472	0.65	121512

Año	Qmedio anual (m3/seg)	Qmedio anual (p3/seg)	a	n	Qs (Tn)
2011	0.82	28.94	17472	0.65	155695
Promedio					5108402
					<b>134432</b>

Fuente: Elaboración propia

Traduciendo en un cuadro resumen los anteriores cálculos, considerando un peso específico ponderado del tipo de material como 1480 kg/m<sup>3</sup>, se tiene lo siguiente:

**Tabla 4.3-59 Cuadro resumen de tasa de sedimentos anual**

CUENCA	Qs (Tn)	Qs (m3)	Qs (Hm3)
JHANCO KHOTA	71383	48232	<b>0.04823</b>
KHOTIA KHOTA	134432	90832	<b>0.09083</b>
TAYPICHACA	203713	137644	<b>0.13764</b>

Fuente: Elaboración propia

Valores que de alguna manera se aproximan a los denotados en el estudio de identificación; siendo que estos cálculos siempre son estimaciones en base a experiencias y modelos matemáticos establecidos.

#### 4.3.7.5 Analisis de contenidos de Solidos suspendidos

Se llama así al material del lecho que es transportado en suspensión por el flujo de agua debido a su velocidad y turbulencia, que hacen que las partículas del fondo del cauce se levanten. Las partículas se mantienen en suspensión hasta que caen nuevamente al cesar las condiciones de velocidad y turbulencia. Está formada principalmente por material granular tipo arenas y gravas.

Cabe mencionar que de acuerdo a los análisis de aguas realizados en el estudio de identificación y la Consultora Prointec se tiene el dato de solidos disueltos que corresponden a cationes (sales disueltas), en este sentido el dato de solidos suspendidos se toma de los resultados de análisis de la calidad de aguas que realizo CPM en los bofedales que se encuentran por encima de las lagunas Khotia Khota y Taypichaca que se muestran en el cuadro siguiente:

**Tabla 4.3-60 Contenido de Sólidos Suspendidos**

Constituyente	Taypichaca (mg/lit) A44-1	Khotia Khota (mg/lit) A51-2
Sólidos suspendidos	< 0.5	62

Fuente: Elaboración propia

Mismos que de acuerdo al caudal de cada una de las cuencas de estudio podemos calcular la cantidad de sólidos suspendidos que ingresan a los embalses; es decir, en base al caudal promedio mensual para cada año de los 38 años para el río Jacha Jahuirá en Khotia Khota que es de 0.66 m<sup>3</sup>/seg y el caudal para el río Linku en Taypichaca que es de 1.25 m<sup>3</sup>/seg. (IC – Rimac).

En base a los datos obtenidos por CPM, la cantidad de sólidos suspendidos existentes en el agua antes de las lagunas Khotia Khota y Taypichaca, no representan una concentración significativa.

Si bien parámetros como el de sólidos en suspensión no son criterios para clasificación de cuerpos de agua en la legislación ambiental Boliviana, no significa que no sea importante para fines de caracterizar un río desde un punto de vista de su capacidad de albergar fauna acuática.

Los sólidos en suspensión se mantienen en el agua debido a su naturaleza coloidal que viene dada por las pequeñas cargas eléctricas que poseen estas partículas que las hacen tener una cierta afinidad por las moléculas de agua. Este tipo de sólidos como tales son difíciles de eliminar siendo necesaria la adición al agua de agentes coagulantes y floculantes que modifican la carga eléctrica de estas partículas consiguiendo que se agrupen en flóculos de mayor tamaño para así poder separarlos mediante filtración.

A continuación, se presentan dos criterios de comparación de este parámetro recomendado por la FAO y la Agencia de Protección Ambiental Norteamericana (EPA):

**Tabla 4.3-61 Parámetros de comparación Internacional – Sólidos suspendidos**

Parámetro	EIFAC / FAO	US - EPA
Sólidos suspendidos (mg/L)	<25 óptimo	No debe reducir la profundidad del punto de compensación de la actividad fotosintética en más de un 10% respecto de la condición natural
	25 - 80 Posible reducción de las poblaciones de las especies ícticas más sensibles	
	80 - 400 Apto solo para las especies ícticas resistentes	
	>400 Inadecuado para todas las especies ícticas	

Fuente: Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile, 2004

Por los resultados de la tabla 4.3-60, el parámetro de sólidos suspendidos en la laguna Khotia Khota, se encuentra en el rango donde puede haber una posible reducción de las poblaciones ícticas más sensibles, mientras que en la laguna Taypichaca, el valor se encuentra en el óptimo para albergar especies icticas.

#### 4.3.7.6 Carga de nutrientes en el embalse

Con base en los resultados de los análisis de agua obtenidos por CPM, Prointec e IC-Rimac, se concluye que los valores de nutrientes al estar por debajo de los límites de detección y estar por debajo de los valores recomendados por la NB 512 para agua potable, no representan contenidos significativos que se acumulen en los embalses.

**Tabla 4.3-62 Contenido de Nutrientes**

Constituyente	Taypichaca (mg/lit) A44-1	Khotia Khota (mg/lit) A51-2
Nitratos	< 0.30	< 0.30
Nitritos	< 0.010	< 0.010

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.8 Suelos

##### 4.3.8.1 Clasificación de suelos para fines de riego

La demanda creciente y competitiva por tierra, ambos por producción agrícola y para otros propósitos requieren que se tomen decisiones en el uso más beneficioso de los recursos como es la tierra y al mismo tiempo la conservación de estos recursos para un futuro. La función de la evaluación de la tierra es brindar una comprensión de las relaciones entre la condición de la tierra y los usos que se le da y presentar a los beneficiarios comparaciones y opciones con alternativas prometedoras (Beek, 1995).

En este contexto, el Estudio de Identificación del proyecto (IC-Rimac, 2013), presenta una clasificación de suelos para fines de riego, cuyos mapas se han sobre puesto al área de micro localización rural, observando dicha sobre posición se puede advertir que cubre aproximadamente el área de micro localización establecida en el trabajo de campo de CPM, y se tiene los siguientes resultados en términos de superficies:

**Tabla 4.3-63 Suelos según su aptitud para riego**

Simbología	Aptitud para riego	Superficie (Ha)	%
2t	Moderada aptitud	1.511	4,52
3s	Requieren prácticas de riego especiales	1.007,2	3,02
3st	Requieren prácticas de riego especiales	1.600,95	4,79

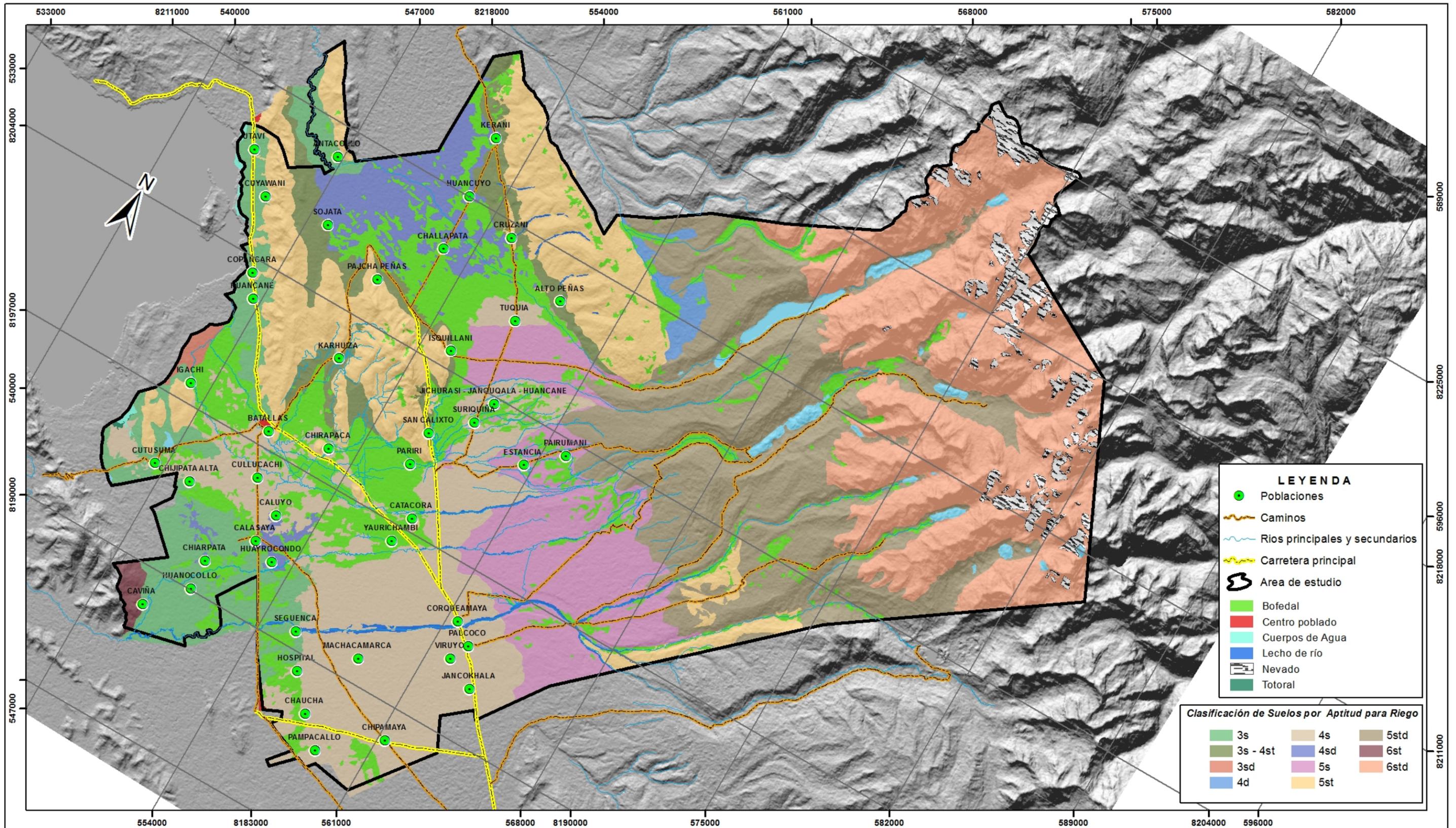
<b>Simbología</b>	<b>Aptitud para riego</b>	<b>Superficie (Ha)</b>	<b>%</b>
4s	Utilidad restringida	14.437,73	43,23
4st	Utilidad restringida	9.791,24	29,32
4t	Utilidad restringida	776,7	2,33
6st	No apto para riego	4.271,64	12,79
	<b>Total</b>	<b>33.396,46</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Estudio de Identificación (IC-Rimac, 2013)

En este sentido, los suelos con moderada aptitud para riego y suelos que requieren cuidados para fines de evitar procesos erosivos abarcan un área de 4119 Hectáreas (12,33 %) correspondiente a las zonas de Chirapaca, Batallas, Caluyo y Calasaya, también abarca las aynocas de Catacora y la zona alta de Corqueamaya, sin embargo los suelos con utilidad restringida abarcan 25.005 Hectáreas, cubriendo el 75% del área mapeada.

Resalta que los suelos clasificados como 6st No aptos para riego, correspondan a la serranía de Alto Peñas, donde precisamente se ubica el proyecto en actual construcción de “Alto Peñas –Kerani”. En este sentido, corresponde un proceso de acompañamiento al mencionado proyecto, debido al alto riesgo de erosión de suelos por efecto del riego en laderas de alta pendiente.

Queda sin mapeo las áreas bajas de las Asociaciones de regantes de Khara Khota – Suriquiña y Taypichaca – Suriquiña y el flanco oeste correspondiente a la Asociación Tupac Katari.



ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA  
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA



**CPM**  
CENTRO PROFESIONAL MULTIDISCIPLINARIO S.R.L.

**PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE PARA LOS MUNICIPIOS DE BATALLAS, PUCARANI Y EL ALTO**

Ing. Oscar Calderón  
GERENTE DE ESTUDIO

Ing. Juan Carlos Arzabe M.  
ESPECIALISTA S.I.G.

**Fuente:**

Rios y Caminos: Herbario Nacional  
Clasificación de Suelos: PROINTEC  
Delimitación Area de Estudio: Elab. Propia  
Poblaciones: Elab. Propia  
Imagen Satelital Google Earth (Digital Globe)

PROYECCIÓN UNIVERSAL DE MERCATOR DATUM: WGS-84, ZONA 19, HEMISFERIO SUR

FECHA: SEPTIEMBRE 2014

ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL (EEIAS)

CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR APTITUD PARA RIEGO

MAPA No. 6

#### 4.3.8.2 Características de los suelos por unidad fisiográfica

##### Colinas

Esta unidad se observa entre las zonas altas de las cuencas (Provincia fisiográfica de la Cordillera Oriental), corresponde a zonas donde las laderas son convexas de moderada pendiente, esta unidad se encuentra en las cuencas del flanco este, adyacentes a la cuenca Khullu Cachi, en la Provincia Fisiográfica de Altiplano se identifica esta unidad en las cercanías de las poblaciones de Igachi, Cutusuma y Chirapaca.



Fot. 4.3-19 Colina – zona de Chirapaca

La actividad agrícola depende en gran manera de los rigores climáticos debido a que en general se establece en suelos de moderada a baja concentraciones de cationes de cambio y bajas concentraciones de nitrógeno y materia orgánica, con pH ligeramente ácido a moderadamente ácido. Sin embargo no se observa evidencia de procesos de erosión debida probablemente a que los cultivos cubren en forma homogénea el suelo y no se utiliza agua para riego.

##### Llanura

Esta unidad se inicia se presenta rodeando las lagunas altas de la zona de proyecto, dentro de la Provincia fisiográfica de la Cordillera Oriental y se desarrolla sobre una extensa planicie que abarca la zonas adyacentes a las lagunas de Khara Khota y Taypichaca y continua intermitentemente por arroyos meándricos de carácter estacional de origen glacial.

Los suelos presentan un drenaje imperfecto debido a su mínima pendiente por lo que forman una barrera en el drenaje subsuperficial por lo que no es extraño observar la presencia de pequeñas lagunas y bofedales, los más extensos son los denominados Hichu Khota y Linku Punku.

Estos suelos en consecuencia son aptos para actividades de tipo pecuario más que de tipo agrícola, por lo que la vegetación predominante son pastos nativos y otros forrajes adaptables a condiciones de baja temperatura y saturación de agua.



Fot. 4.3-20 Llanura cerca de localidad de Copancara

En la Provincia fisiográfica de Altiplano, esta unidad fisiográfica se encuentra en un estrecho corredor formado entre la serranía de Peñas y el lago Titicaca en las localidades de Batallas y Huarina.

### **Pie de monte**

Esta Unidad domina el paisaje del área de proyecto abarcando el 52 % del total de la superficie estudiada, los suelos son generalmente de origen coluvial (de acumulación por acción de la gravedad), superficiales y de baja fertilidad, sin embargo se encuentran comúnmente parcelas cultivadas, aunque la producción es limitada fuertemente por las heladas frecuentes.

Es frecuente la presencia de viviendas y actividad pecuaria, la mayor dificultad consiste en la extremada pedregosidad que presentan muchas de las zonas, en especial la zona de Suriquiña y Palcoco.

Esta unidad forma humedales donde el drenaje es imperfecto y donde acuíferos subsuperficiales emergen a partir de la recarga de los ríos en las partes altas de las cuencas.



Fot. 4.3-21 Pie de Monte – zona de Palcoco



Fot. 4.3-22 Pie de monte – Zona de Challapata

### Serranía

Esta unidad corresponde a las Serranías de Peñas y de Alto Peñas, donde se observa una moderada disección y laderas de pendiente escarpada, por lo que el riesgo de erosión es elevado, así como el riesgo de deslizamiento.

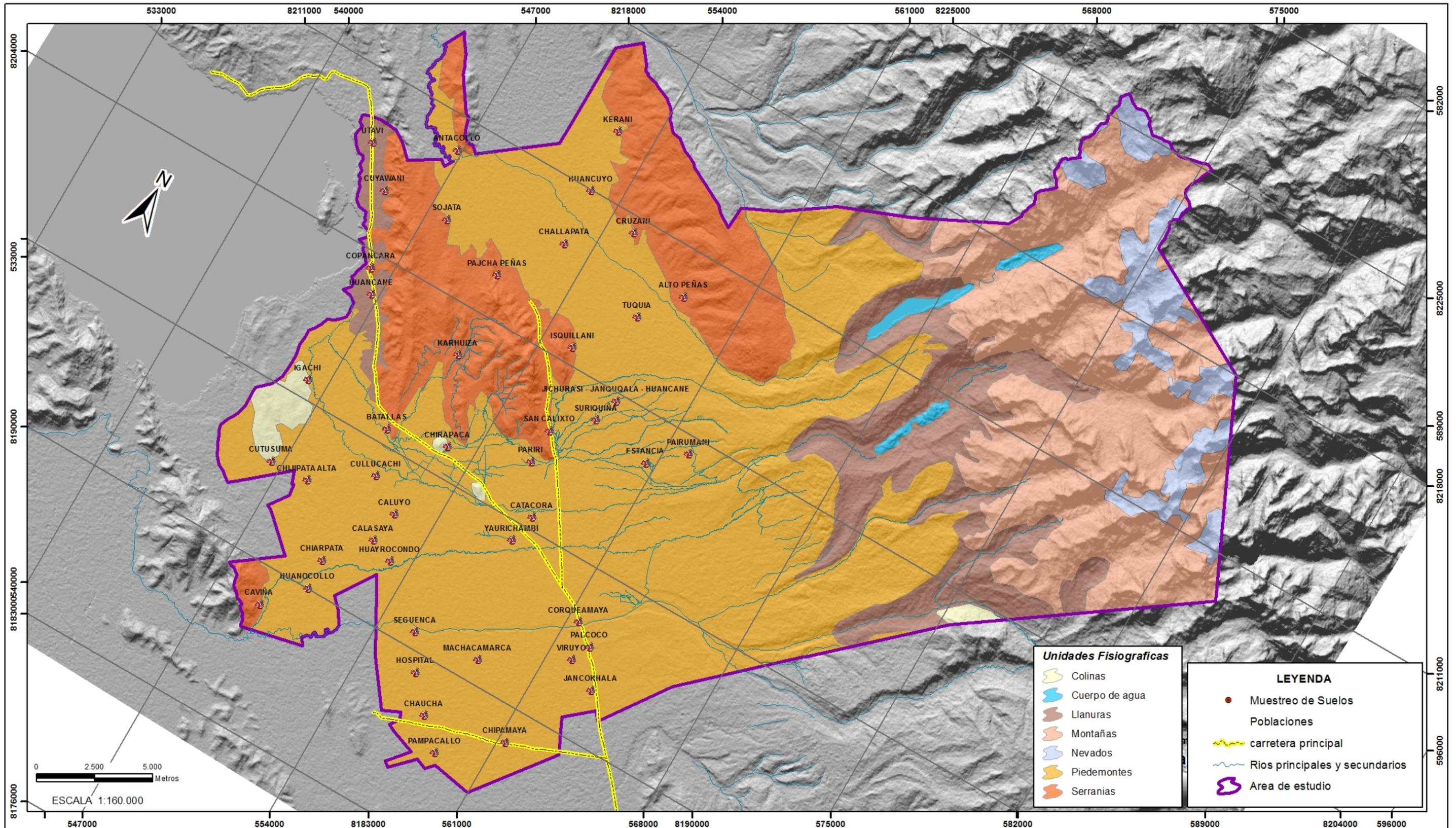
Los suelos en laderas escarpadas poco profundos e inexistentes lo que se expresa con la poca vegetación existente, sin embargo se observa una alta densidad de parcelas de cultivos, debido a que en estas laderas los cultivos son menos susceptibles de perecer por acción de las heladas (los flujos de aire frío discurren rápidamente y se acumulan en los pies de monte).

Un ejemplo de esta situación es que en la serranía de Alto Peñas, se encuentra en proceso de construcción el sistema de riego Alto Peñas – Kerani cuyo objetivo es el riego de estas laderas.



Fot. 4.3-23 Serranía de Alto Peñas

(Después de una nevada)



- Unidades Fisiograficas**
- Colinas
  - Cuerpo de agua
  - Llanuras
  - Montañas
  - Nevados
  - Piedemontes
  - Serranias

- LEYENDA**
- Muestreo de Suelos
  - Poblaciones
  - carretera principal
  - Rios principales y secundarios
  - Area de estudio

0 2.500 5.000  
Metros  
ESCALA 1:160.000

### 4.3.8.3 Fertilidad de suelos

El Estudio de identificación (IC-Rimac, 2013), presenta resultados de análisis físico – químicos de suelos, sin embargo no profundiza en la estimación de la fertilidad de suelos, posiblemente debido a que dentro de los citados análisis no se tiene el dato de capacidad de intercambio catiónico (CIC) que es el parámetro básico para esta estimación.

A continuación se realiza una estimación indirecta de la fertilidad de los suelos en base al porcentaje de materia orgánica, nitrógeno y fósforo analizados, tal cual lo recomienda Acevedo (2005)<sup>8</sup>. A tal efecto se muestra en la siguiente tabla, los resultados de análisis de laboratorio obtenidos en el Estudio de identificación (IC-Rimac, 2013):

**Tabla 4.3-64 Análisis físico químico de suelos**

Parámetro	Unidad	B-1	B-2	B-3	B-7	B-8	B-5
Coordenada UTM	x	556542	559711	558605	553789	555657	560738
	y	8207982	8206864	8204628	8208429	8201927	8200779
Altura	msnm		4094	4060	3952	3995	4041
Lugar		Tuquia	Isquillani	Huancane	Challapata	San Calixto	Pampa Aynoca
Textura		FYA	FA	FA	F	FA	F
Arcilla (Y)	%	22	18	14	18	15	20
Limo (L)	%	27	29	28	31	33	33
Arena (A)	%	51	53	58	51	52	47
Capacidad de Campo (CC)	0,33 Bar (%)	24,92	22,17	18,05	22,97	7,3	20,04
Punto de Marchitez Permanente (PMP)	15 Bar (%)	14,64	8,49	9,8	11,26	4,11	9,08
Densidad Aparente (DA)	gr/cc	1,39	1,39	1,35	1,32	1,43	1,39
PH		5,9	5,1	4,9	5,5	5,5	5,1
Conductividad Eléctrica	mmhos/cm (1:2)	0,078	0,023	0,055	0,056	0,024	0,037
Potasio	me/100 gr	0,58	0,22	0,44	0,58	0,22	0,22
Materia Orgánica	%	9,34	5,36	7,49	5,3	1,3	2,79
Nitrógeno	%	0,389	0,244	0,319	0,218	0,069	0,143
Fósforo	ppm	7	13,8	17,3	3	4,7	8,2

**Tabla 4.3-64 Análisis físico químico de suelos (Continuación)**

Parámetro	Unidad	B-10	B-11	B-14	B-12	B-13	B-15
Coordenada UTM	x	557293	550420	551724	547332	547049	556295
	y	8195941	8199305	8193996	8201619	8195086	8191361
Altura	msnm	3930	3878	3866	3854	3841	
Lugar		Yaurichambi	Carhuiza	Kalasaya	Huancani	Cutusuma	Sewenca
Textura		FA	Y	AF	F	Y	F
Arcilla (Y)	%	16	52	10	17	48	21
Limo (L)	%	27	26	16	35	35	42

<sup>8</sup>Edmundo Acevedo et. al., “Criterios de calidad de suelo agrícola”, Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile, 2005.

**PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE**

Parámetro	Unidad	B-10	B-11	B-14	B-12	B-13	B-15
Arena (A)	%	57	22	74	48	17	37
Capacidad de Campo (CC)	0,33 Bar (%)	62,51	52,45	11,99	16,41	28,75	22,4
Punto de Marchitez Permanente (PMP)	15 Bar (%)	45,36	34	6,1	7,79	16,64	8,62
Densidad Aparente (DA)	gr/cc	0,63	18,46	1,52	1,52	1,3	1,39
PH		5	6,7	7,9	6,4	5,8	5,8
Conductividad Eléctrica	mmhos/cm (1:2)	0,289	0,52	0,33	0,053	0,312	0,03
Potasio	me/100 gr	0,58	1,46	0,58	0,44	0,66	0,36
Materia Orgánica	%	16,12	11,22	3,06	1,43	3,13	1,36
Nitrógeno	%	0,597	0,408	0,164	0,079	0,165	0,085
Fosforo	ppm	0,6	13	12,3	14,9	1	19,2

**Tabla 4.3-64 Análisis físico químico de suelos (Continuación)**

Parámetro	Unidad	M-1
Lugar		Alto Peñas
Textura		FA
Arcilla (Y)	%	17
Limo (L)	%	26
Arena (A)	%	57
Grava	%	60,2
carbonatos libres		Presente
PH en agua		5,86
PH en KCl		4,12
Conductividad Eléctrica	dS/m	0,075
Al + H	meq/100 gr	0,58
Calcio	meq/100 gr	16,12
Magnesio	meq/100 gr	0,597
Sodio	meq/100 gr	0,6
Potasio	meq/100 gr	0,21
Total Bases de intercambio	meq/100 gr	4,93
Capacidad de Intercambio Cationico	meq/100 gr	6,13
Saturación de Bases	%	80,4
Materia orgánica	%	4,36
Nitrógeno total	%	0,3
Fosforo asimilable	ppm	16,7

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Proyecto Alto Peñas - Kerani (Sederi, 2012)

La ubicación de los puntos de muestreo se indica en el mapa de unidades fisiográficas y en el mapa de clasificación de suelos para fines de riego.

De igual forma se obtuvieron muestras de suelos de bofedales, cuyos resultados de análisis de laboratorio se presentan a continuación:

**Tabla 4.3-65 Resultados de ensayo de suelos (CPM - 2013)**

Parámetros	Unidad	Resultados						
		S 57 – 1 (T3)	S 57 – 2 (T5)	S 57 – 3 (T9)	S 57 – 4 (T12)	S 57 – 5 (T14)	S 57 – 6 (T15)	S 57 – 7 (T7)
Coordenadas	Norte	570758	572398	564416	571797	569169	565709	565887
	Este	8210988	8213721	8203528	8219671	8215657	8211031	8205693
pH acuoso		4.7	4.8	5.3	4.5	5.3	4.8	5.2
Conductividad eléctrica	µs/cm	183	550	94	197	440	80	184
Carbón orgánico	%	3.6	29	5.2	12	27	4.5	6.9
Materia orgánica	%	6.1	50	8.9	21	47	7.7	12
<b>Textura</b>								
Arena	%	36	31	77	41	35	13	34
Limo	%	38	31	13	9	27	21	35
Arcilla	%	26	38	10	50	38	67	31
Clase textural		Franco	Franco arcilloso	Areno franco	Arcilla	Franco arcilloso	Arcilla	Franco arcilloso

**Tabla 4.3-65 Resultados de ensayo de suelos (CPM - 2013) (Continuación)**

Parámetros	Unidad	Resultados					
		S 57 – 8 (T16)	S 57 – 9 (T17)	S 57 – 10 (T18)	S 57 – 11 (T19)	S 57 – 12 (T20)	S 57 – 13 (T23)
Coordenadas	Norte	567814	547247	557852	555793	554230	548542
	Este	8211312	8214427	8208601	8204667	8206214	8198919
pH acuoso		4.3	4.4	5.4	5.4	5.0	5.1
Conductividad eléctrica	µs/cm	183	434	63	64	94	95
Carbón orgánico	%	29	3.9	2.9	3.7	5.6	6.4
Materia orgánica	%	49	5.1	5.0	6.4	10	11
<b>Textura</b>							
Arena	%	31	53	19	52	48	59
Limo	%	45	11	52	28	31	29
Arcilla	%	24	36	29	20	21	12
Clase textural		Franco	Arcillo arenoso	Ranco arcillo limoso	Franco	Franco	Franco arenoso

Fuente: Elaboración propia según resultados de laboratorio

La ubicación de los puntos de muestreo se presenta en el mapa 9.1 y los resultados de laboratorio original realizado por el Laboratorio de Calidad Ambiental de la UMSA se presentan en el Anexo 2.

El contenido de materia orgánica en bofedales es mucho mayor a los contenidos encontrados en suelos agrícolas y se encuentran muy por encima incluso del límite de 10 % indicado para valores muy altos de concentración.

Como parámetros de comparación se indica a continuación una tabla con criterios de concentración de elementos químicos en suelos:

**Tabla 4.3-66 Parámetros de comparación para análisis químico de suelos**

Parámetro	Unidad		Fuente	No salinos	Débilmente salino	Moderadamente Salino	Fuertemente salino	Muy fuertemente Salino
C.E.	mmhos/cm	Extracto sat.	(*) (**)	menor a 2	2,0 - 4,0	4,0 - 8,0	8,0 - 16,0	mayor a 16
		relación 1:1	(*)	menor a 0,9	0,9 - 1,8	1,8 - 3,6	3,6 - 7,2	mayor a 7,2
		relación 1:2	(*)	menor a 0,5	0,5 - 1,0	1,0 - 2,0	2,0 - 4,0	mayor a 4,0
				<b>Muy Bajo</b>	<b>Bajo</b>	<b>Moderado</b>	<b>Alto</b>	<b>Muy Alto</b>
Ca	meq/100gr		(*) (**)	menor a 2,0	2,1 - 5,0	5,1 - 10,0	10,1 - 20,0	mayor a 20,1
Mg	meq/100gr		(*) (**)	menor a 0,5	0,51 - 1,5	1,6 - 4,0	4,1 - 8,0	mayor a 8,0
Na	meq/100gr		(*) (**)	menor a 0,1	0,10 - 0,30	0,31 - 0,70	0,71 - 2,00	mayor a 2,00
K	meq/100gr		(*)	menor a 0,25	0,26 - 0,50	0,51 - 0,75	0,76 - 1,00	mayor a 1,00
			(**)	menor a 0,1	0,11 - 0,30	0,31 - 0,70	0,71 - 1,20	mayor a 1,21
TBI	meq/100gr		(**)	menor a 3	3,1 - 5,0	5,1 - 10,0	10,1 - 20,0	mayor a 20,0
CIC	meq/100gr		(*) (**)	menor a 5,0	6,0 - 12,0	13,0 - 25,0	26,0 - 40,0	mayor a 40,0
Sat. Bases	%		(**)	menor a 20	20,1 - 40,0	40,1 - 60,0	60,1 - 80,0	80,1 - 100
Mat. Org.	%		(*)	0,0 - 1,0	1,1 - 2,0	2,1 - 4,0	4,1 - 8,0	mayor a 8,0
		clima frío	(**)	menor a 2,8	2,9 - 4,0	4,1 - 7,5	7,6 - 10,0	mayor a 10,0
		clima templado	(**)	menor a 1,7	1,8 - 2,5	2,5 - 4,3	4,3 - 7,5	mayor a 7,5
		clima cálido	(**)	menor a 1,0	1,1 - 1,5	1,6 - 3,0	3,1 - 5,0	mayor a 5,1
N Total	%		(*)	menor a 0,05	0,05 - 0,15	0,15 - 0,20	0,20 - 0,30	mayor a 0,30
		clima frío	(**)	menor a 0,20	0,21 - 0,30	0,31 - 0,40	0,41 - 0,50	mayor a 0,50
		clima templado	(**)	menor a 0,10	0,11 - 0,15	0,16 - 0,25	0,26 - 0,30	mayor a 0,30
		clima cálido	(**)	menor a 0,05	0,06 - 0,10	0,11 - 0,15	0,16 - 0,20	mayor a 0,21
P asim.	ppm	por Olsen pH mayor a 6.5	(*)	0 - 5	6,0 - 15,0	16,0 - 25,0	26,0 - 45,0	mayor a 45,0
		por Bray - Kurtz pH menor a 6.5	(*)	0 - 5	5,0 - 13,0	13,0 - 19,0	19,0 - 28,0	mayor a 28,0
			(**)	menor a 3,0	3,1 - 7,0	7,1 - 15,0	15,1 - 25,0	mayor a 25,1

Fuente: (\*) Villarroel J. (1988), "Manual práctico para interpretación de análisis de suelos en laboratorio", Ed. Agruco, Cochabamba - Bolivia.

(\*\*) Elaborado por el Dr. T.T. Cochrane de la Misión Británica en Agricultura Tropical en Bolivia (1987).

Como se observa de la relación de análisis de suelos, la materia orgánica fluctúa de concentraciones muy bajas en las localidades de San Calixto, Huancane y Sewenca (Pie de monte) a valores muy altos correspondientes a Yaurichambi, Tuquia y Carhuiza en la misma unidad fisiográfica pero en colindancia con humedales (bofedales). En este sentido se concluye que la materia orgánica sufre una acumulación en zonas de humedales donde por acción de las temperaturas bajas propias de la región, no sufre una degradación rápida, formando suelos intrazonales (turberas) con drenaje imperfecto y correlacionado con una reacción ligeramente ácida, confirmado con los resultados obtenidos por CPM en bofedales.

Se observa una correlación entre el contenido de materia orgánica y el contenido de nitrógeno sin embargo bajo las condiciones de lenta descomposición de la materia orgánica en los humedales, es probable que no se encuentre disponible para los cultivos.

En relación al fósforo, los contenidos varían entre alta y moderada concentración, debido probablemente a adiciones de fertilizantes químicos por parte de los agricultores del lugar.

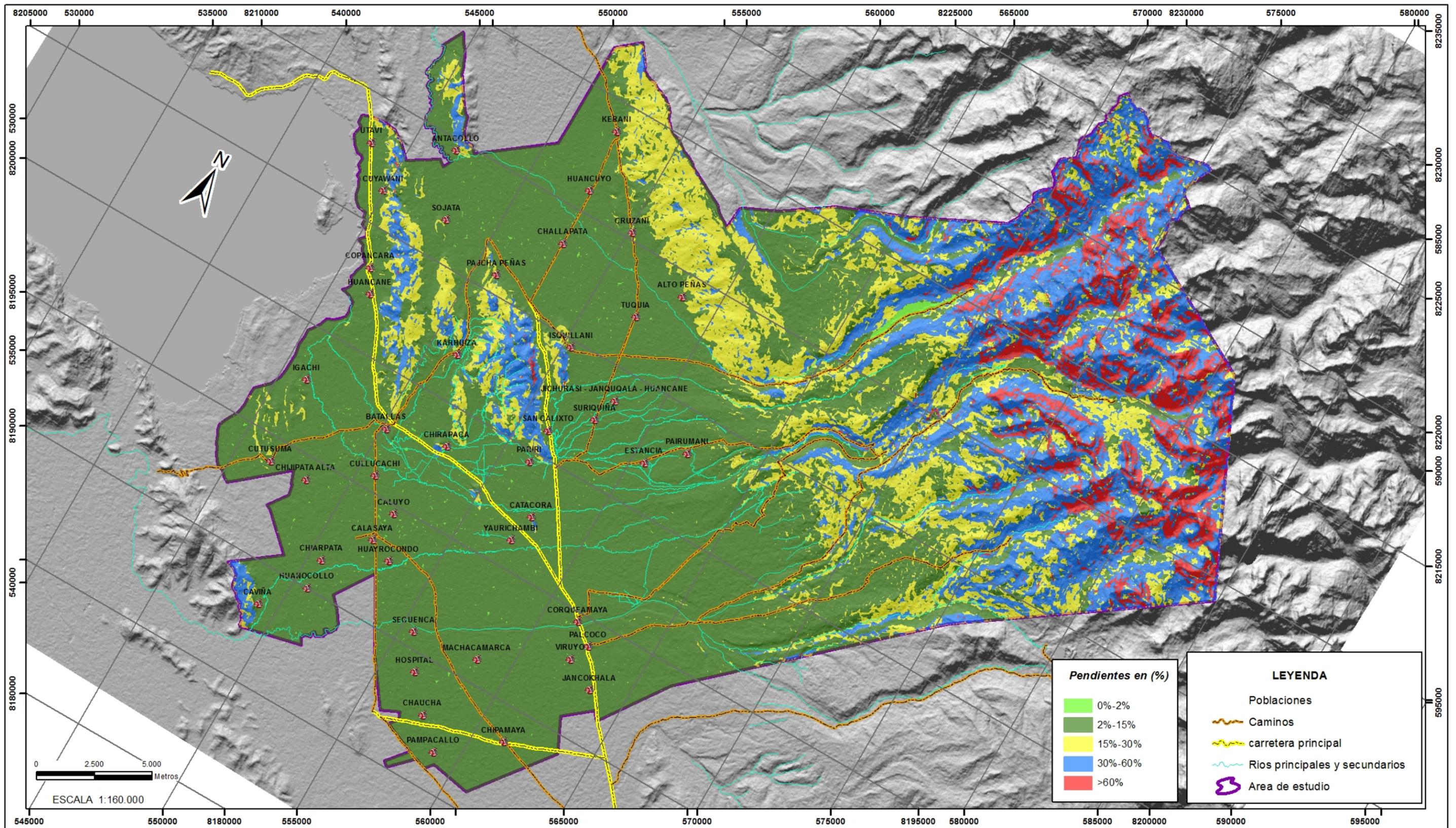
El potasio se encuentra en cantidades moderadas a bajas, sin embargo debido a la baja temperatura de los suelos es probable que no sea fácil su asimilación por los cultivos.

El único valor de Capacidad de intercambio catiónico (CIC) con el que se cuenta, proviene del proyecto Alto Peñas – Kerani y tiene una capacidad baja, lo que confirmaría la baja fertilidad de los suelos de la región, pese a que se tiene altas concentraciones de materia orgánica. Esto debido al régimen de temperaturas bajas de la atmósfera y en consecuencia del suelo que ralentiza su descomposición.

#### 4.3.8.4 Pendientes

Un factor físico fundamental especialmente para la actividad agrícola, es la pendiente del terreno, se ha elaborado un modelo digital de elevaciones mediante el cual se clasifica la zona de proyecto en función a esta característica. Los resultados se muestran a continuación en un mapa donde se observa que la pendiente dominante se encuentra entre un 2 a un 15 %, y corresponde a la unidad fisiográfica de pie de monte.

En esta unidad no se ha identificado procesos de erosión, siendo el mayor problema para la agricultura la presencia de heladas frecuentes y cuya duración define el grado de daño a los cultivos y por otro lado en época de invierno, se espera que la temperatura baje a por lo menos - 8°C para producir tunta y chuño que es una forma de conservar la papa y es directamente un alimento común en la región altiplánica.



### 4.3.9 Calidad de aire

#### 4.3.9.1 Contaminantes atmosféricos

En el área rural del proyecto, no se han identificado fuentes de contaminación atmosférica, debido a que no se tienen poblaciones asentadas en el área de las presas y de la línea de aducción y la cantidad de vehículos es mínima en la zona.

En las zonas bajas del área rural del proyecto, la contaminación atmosférica se reduce partículas suspendidas debido al tránsito de vehículos en caminos de tierra.

Para la situación con proyecto, se deberá controlar la calidad de aire (inmisión) en los frentes de obra, mediante la comparación de mediciones directas con lo establecido en el Anexo 1 del Reglamento en materia de contaminación atmosférica (RMCA), según se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 4.3-67 Límites permisibles de calidad de aire**

CONTAMINANTE	VALOR DE CONCENTRACIÓN	PERÍODO Y CARACTERIZACIÓN ESTADÍSTICA
MONÓXIDO DE CARBONO	10 mg/m <sup>3</sup> 40 mg/m <sup>3</sup>	media en 8 hr media en 1 hr
BIOXIDO DE AZUFRE	80 ug/m <sup>3</sup> 365 ug/m <sup>3</sup>	media aritmética anual media en 24 hr
BIOXIDO DE NITRÓGENO	150 ug/m <sup>3</sup> 400 ug/m <sup>3</sup>	media en 24 hr promedio en 1 hr
PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES (PST)	260 ug/m <sup>3</sup> 75 ug/m <sup>3</sup>	24 hr media geométrica anual
PARTÍCULAS MENORES DE 10 MICRAS (PM-10)	150 ug/m <sup>3</sup> 50 ug/m <sup>3</sup>	24 hr media geométrica anual
OZONO	236 ug/m <sup>3</sup>	promedio horario máximo
FLOMO	1.5 ug/m <sup>3</sup>	media aritmética trimestral

Fuente: Anexo 1, RMCA (1996)

De igual forma el Reglamento en materia de contaminación atmosférica en su anexo 5, establece valores de referencia para control de emisiones de contaminantes atmosféricos de fuentes móviles según el siguiente detalle, los cuales serán controlados en la etapa constructiva, en función a la maquinaria y vehículos provistos por el Contratista.

**Tabla 4.3-68 Límites máximos permisibles de emisión de gases**

**TABLA 1:**

Límites máximos permisibles de emisión de gases por el escape de automóviles y vehículos comerciales en circulación que funcionan a gasolina, según año-modelo.

Año-Modelo	Hidrocarburos (HC) ppm Max.	Monóxido de carbono (CO) % Vol. Max.	Oxígeno (O <sub>2</sub> ) % Vol. Max.
1979 y anteriores	700	6.0	6.0
1980 a 1986	500	4.0	6.0
1987 a 1996	400	3.0	6.0
1997 en adelante	200	2.0	6.0

**TABLA 2:**

Límites máximos permisibles de emisión de gases por el escape de vehículos de usos múltiples o utilitarios, camiones ligeros, camiones medianos y camiones pesados en circulación que funcionan a gasolina, según el año-modelo.

Año-Modelo	Hidrocarburos (HC) ppm Max.	Monóxido de carbono (CO) % Vol. Max.	Oxígeno (O <sub>2</sub> ) % Vol. Max.
1979 y anteriores	700	6.0	6.0
1980 a 1985	600	5.0	6.0
1986 a 1991	500	4.0	6.0
1992 a 1996	400	3.0	6.0
1997 en adelante	200	2.0	6.0

Fuente: Anexo 5, RMCA (1996)

#### 4.3.9.2 Generación de ruido

Al igual que lo indicado en el apartado anterior, no se han identificado fuentes de ruido en la zona de proyecto, debido a que no se tienen poblaciones asentadas en el área de las presas y de la línea de aducción y la cantidad de vehículos es mínima en la zona.

El ruido se incrementará principalmente en la etapa de ejecución, esto debido al uso de maquinaria y equipo para la construcción de las Presas y excavación de la línea de aducción.

En este caso, el Reglamento en materia de contaminación atmosférica en su anexo 6, establece valores de referencia para control de emisión de ruido proveniente de fuentes móviles, que se indica en la siguiente tabla.

**Tabla 4.3-69 Límites permisibles de emisión de ruido**

Peso bruto del vehículo	Hasta 3.000 Kg.	De 3.000 a 10.000	Mayor a 10.000 Kg.
Límite máximo Permisibles en dB (A)	79	81	84

Estos valores deben ser medidos a 15 metros de distancia de la fuente.

Fuente: Anexo 6, RMCA (1996)

De manera referencial, el Consultor ha medido la presión de ruido de maquinaria y equipo de características similares a las que se utilizarán en el presente proyecto, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 4.3-68 Niveles de ruido generados por maquinaria y equipo**

Tipo de maquinaria y equipo	Nivel Sonoro en dB (A)	Distancia en metros
Taladro manual	81	20
	91	10
	102	6
	104	3
Compactadora manual	66	12
	79	6
Mezcladora de cemento	84	3
	94	1
Compactadora pata de cabra	88	6
	95	2
Retroexcavadora	84	4

Fuente: Elaboración propia

Estos valores deben ser tomados en cuenta para fines de control y monitoreo de ruido en la zona de proyecto, de manera que se evite molestias innecesarias a la población circundante.

#### 4.3.10 Residuos sólidos

En la zona de proyecto (ubicación de presas y línea de aducción), no se identifica áreas con acumulación de residuos sólidos, sin embargo, los centros poblados de Batallas y Palcoco, presentan sitios de acumulación de residuos sólidos en los ríos (ver fotografía) debido a deficiencias en el recojo y disposición final de dichos residuos lo cual es atribución del Gobierno Municipal correspondiente.



Foto 4.3-24 Acumulación de residuos sólidos en río (Batallas)

## 4.4 MEDIO BIÓTICO

### 4.4.1 Flora y Vegetación

#### 4.4.1.1 Generalidades

La ecoregión de la puna incluye ecosistemas altoandinos diversos, desde el norte del Perú hasta el norte de Argentina. El énfasis del presente trabajo incluye el diagnóstico de las praderas de altura en la puna norteña que comprenden: praderas abiertas, la vegetación en cojín de *Azorella* y *Pycnophyllum*; y los tolares de arbustos resinosos de *Baccharis* y *Parastrephia*. Pastos dominantes son *Deyeuxia*, *Festuca* y *Poa*, mientras que en áreas más secas prevalecen *Festucaorthophylla* y *Stipa* spp. Céspedes herbáceos bajos de *Muhlenbergia* y *Distichlis humilis*. En los humedales (bofedales) dominan plantas vasculares de las familias Juncaceae, Cyperaceae y Asteraceae. La flora acuática es diversa y juega un papel importante al hombre a la alimentación del ganado. Pese a la altitud y condiciones climáticas extremas, la puna alberga aproximadamente 1.500 especies de plantas y 40 géneros endémicos. El paisaje ha sido antes modificado como lo demuestran asentamientos prehispánicos y terrazas; hoy continúa cambiando por actividades agrícolas y ganaderas. Gran parte de la puna húmeda se ha convertido en terrenos de cultivo. Áreas más inclinadas y terrenos en descanso se usan para pastoreo de ganado vacuno, ovejas, llamas y alpacas. Numerosos tubérculos comestibles de los géneros *Solanum*, *Oxalis*, *Ullucus* y *Tropaeolum* son originarios de la puna, junto con pseudocereales como la quinua (*Chenopodium quinoa*).

Existen numerosas descripciones de la puna (Beck 1985, 1988), que se resumen y complementan: Karl Reiche (1869-1929), August Weberbauer (1872-1948) y Theodor Herzog (1880-1961) fueron los primeros botánicos que presentaron tratados extensos sobre el mundo vegetal de los Andes en la serie de monografías fitogeográficas *Die Vegetation der Erde* (Vegetación de la Tierra) editado por Engler y Drude (Chile: Reiche 1907, Perú: Weberbauer 1911, Bolivia: Herzog 1923). La descripción que coincide más con las observaciones en Bolivia aparece en la segunda edición del libro de Weberbauer (1945).

Troll (1959) distingue las zonas de vegetación por encima del límite de bosque en páramo, puna húmeda, puna seca, puna espinosa o salina y en puna desértica. Según Cabrera (1976), Ruthsatz (1983) y Beck & García (1991) se puede diferenciar la puna en los pisos nival-subnival, altoandino superior e inferior y el verdadero piso puneño. Para las altas cordilleras y el Altiplano, Ibisch *et al.* (2003) distinguen entre las ecorregiones de Bolivia a la puna norteña que incluye la puna húmeda y puna semihúmeda, la vegetación altoandina de la Cordillera Oriental con los pisos nival y subnival y la puna sureña con la puna seca y puna desértica, incluyendo en ésta a los pisos nival y subnival de la Cordillera Occidental

La vegetación de la puna norteña consta en su mayor parte de comunidades herbáceas, dominadas por gramíneas y graminoides, denominadas en general, praderas o pastizales. También incluye formaciones herbáceas y arbustivas, con especies siempreverdes, microfoliadas y resinosas, que forma en algunos sectores extensos matorrales conocidos como tolares. Algunos sectores presentan comunidades mixtas de tolares y pajonales.

Existen solamente pocos géneros restringidos a una región mientras que la mayoría de ellos se distribuye a lo largo de los Andes altos.

La puna tiene una diversidad de especies que resulta menor que la de otras grandes formaciones de vegetación. Sin embargo, el número total de especies resulta elevado, considerando las difíciles condiciones bajo las cuales crecen las plantas. Los factores desfavorables son la alta radiación, en especial la UV-B, las bajas temperaturas con la producción de heladas, la escasez de agua, determinada por el efecto de las temperaturas bajo cero y por la naturaleza de los suelos, alcalinos y salinos.

La puna norteña tiene una diversidad de especies que resulta menor que la de otras grandes formaciones de vegetación. Sin embargo, el número total de especies resulta elevado, considerando las difíciles condiciones bajo las cuales crecen las plantas. Los factores desfavorables son la alta radiación, en especial la UV-B, las bajas temperaturas con la producción de heladas, la escasez de agua, determinada por el efecto de las temperaturas bajo cero y por la naturaleza de los suelos, alcalinos y en algunos casos salinos.

## **OBJETIVO**

Determinar el estado de la vegetación en base a la caracterización de las unidades vegetacionales en los diferentes pisos altitudinales.

Caracterizar el uso de la vegetación en base a entrevistas a los pobladores locales de la zona de estudio

### **4.4.1.2 Metodología**

Los sitios de estudio fueron escogidos en base al área de intervención del proyecto. En las zonas aledañas a las comunidades o en las estancias se realizaron entrevistas a la población local sobre el uso y percepción de los recursos, para que la flora y la vegetación evaluada reflejen su estado de conservación y el modo en que son usadas por parte los pobladores. Dentro de estas zonas aledañas, se seleccionaron áreas de vegetación homogénea y representativa para la evaluación de cada ecosistema distinto con la ayuda de un mapa base (ESC: 1:50000). Finalmente se delimitaron las parcelas de evaluación de la vegetación por el método del área mínima descrito mas adelante.

La biodiversidad de especies está definida como la variedad de especies existentes en una región. Esa diversidad se la puede medir de distintas formas. El número de especies de una región “riqueza en especies” es una medida que a menudo se utiliza. El inventario de especies presentado en el contiene los nombres de todas las especies vegetales evaluadas que en su conjunto se denominan riqueza de especies ó composición florística. Para determinar la composición florística se anotaron en campo todas las especies presentes, se colectaron las que estaban con órganos necesarios para su identificación; la mayoría fue identificada en base a guías locales y en base a experticia del consultor.

En las áreas de relevamientos fueron registradas todas las especies presentes, además se anotaron datos de cobertura y estado fenológico de cada especie. Finalmente, con todos estos datos se procedió a elaborar la lista de especies, ordenada alfabéticamente por familia.

Es importante mencionar, que la composición florística obtenida como resultado de este estudio puede tener un fuerte sesgo estacional. Muchas de las gramíneas fueron encontradas en estado estéril por lo que su identificación es dudosa o impracticable: Muchas plantas de la Puna húmeda (fuertemente pluviestacional) son anuales, es decir que durante la estación seca (abril a septiembre) sobreviven únicamente en forma de semillas, por esta razón estuvieron ausentes de los inventarios.

#### 4.4.1.3 Caracterización

Las cordilleras y el Altiplano presentan una amplia diversidad de condiciones topográficas, climáticas y edáficas, que corresponden a varios hábitats distintos en los cuales se desarrolla una vegetación rica en especies y en formas de vida. En el presente trabajo se caracterizan las praderas de los pisos subnival, piso altoandino, puna y Vegetación acuática.

El piso subnival, comprendida las zonas más altas de la región de estudio (hasta los 4600 msnm), aunque no se realizaron campañas intensas de muestreo en esta zona y además por el inicio de la estación invernal, en este piso solo se identificaron: *Calamagrostis* sp., *Poa* sp., *Senecio* spp. Se caracteriza por la presencia de material rocoso particulado y matas de vegetación. Las especies presentes en esta zona se protegen de los fuertes vientos, adiriéndose a las rocas y desarrollándose más en estos sectores. A pesar de que este piso altitudinal se encuentra a alturas considerables, también hay la presencia de ganado camélido.

En el piso altoandino, la capa de vegetación es discontinua sobre todo por el efecto del sobrepastoreo; las especies dominantes son gramíneas de hojas aciculares. Las familias mejor representadas en estas praderas son Asteraceae, Caryophyllaceae, Geraniaceae, Malvaceae, entre muchas otras, que tienen un número menor de géneros y especies.

En lugares más áridos, con suelos pedregosos y poco fértiles son comunes las especies de *Aristida*, *Eragrostis*, junto con *Chondrosium simplex* y *Microchloa indica*. Los pajonales son muy abiertos y la especie más común es la “paja brava” o “iru ichu”, *Festuca orthophylla*. Una característica que tienen los pajonales, es que se desarrollan más sobre suelos bien drenados, en suelos poco profundos, pedregosos y erosionados, así como en lugares con acumulación de agua, cerca de los bofedales y de la vegetación acuática. El estrato más alto está formado por *Festuca dolichophylla*, junto con otras especies de *Festuca*. En el estrato intermedio son frecuentes las especies *Deyeuxia filifolia*, *D. heterophylla*, *D. vicunarum*, *Festuca rigescens*, *Stipa hans-meyeri*, *Poa asperiflora* y otra especie de este género. En el estrato bajo se encuentran hierbas en roseta y rastreras de los géneros *Arenaria*, *Gamochaeta*, *Belloa*, *Perezia*, junto con algunos arbustos de bajo porte. En forma muy aislada se tienen los cojines planos de *Azorella diapensioides* fc.

La puna ocupa lugares entre los 3500 a 4200 msnm y ocupa la mayor parte de la zona de estudio. Esta zona está ocupada preferentemente por los géneros *Deyeuxia* y *Poa*. En estos ambiente se presentan varios endemismos como las especies *Anthochloa lepidula*, *Dielsiochloa floribunda*. En las planicies y laderas a menor altitud se desarrollan las praderas como una vegetación herbácea y densa, pocos centímetros de altura con especies de los géneros *Deyeuxia*, *Agrostis*, *Poa* y *Stipa*. Debido al gradiente de humedad, las praderas cambian su fisonomía y su composición florística. Las Pooideae son más frecuentes en sitios húmedos. En lugares más áridos, con suelos pedregosos y poco fértiles son comunes *Aristida* y especies de las subfamilias *Arundinoideae* y

*Chloridoideae*. En el sector sur colindantes con los cultivos y áreas de cultivo predominan las especies de *Stipa*. Los pajonales son muy abiertos y la especie más común es la “paja brava” o “iru ichu”, *Festuca orthophylla*.

#### 4.4.1.4 Tipos de Vegetación

En general el hábitat para las diferentes nidades vegetacionales se caracterizo en dos zonas:

##### Vegetación azonal

Es una vegetación condicionada directa ó indirectamente por una acumulación de agua en el suelo. Se encuentra en topografías deprimidas con suelos mal drenados. Por ejemplo, dentro de ésta, encontramos a la vegetación de los bordes de ríos, manantiales y otros. En la evaluación se diferenció la vegetación azonal de los bofedales (que se evaluo particularmente como una unidad diferenciada).

##### Vegetación zonal

Esta vegetación depende exclusivamente de la humedad aportada por las precipitaciones, es propia de los suelos bien drenados. Dentro de este tipo de vegetación pueden presentarse comnidades vegetacionales en pedregales y roquedales, vegetación en arenales, comunidades en planicies y laderas con poca inclinación y con suelos inundados y pajonales semicerrados.

#### 4.4.1.5 Unidades Vegetacionales

Se han identificada las siguientes nidades vegetacionales; considerando el estado de conservación, coordenadas, altura (msnm), pendiente, vegetación representativa y usos.

##### Subcuencas Ichu Khota – Khara Khota

###### Vegetacion Subnival

Estado de conservación: Bueno

Coordenadas geográficas: 16°03'49.3"S - 68°18'03"W

Elevación (m.s.n.m.): 4600 msnm

Pendiente (%): ≥ 20

Vegetación representativa: *Senecio*, *Poa*, *Calamagrostis*

Usos: Leve ganadería de camelidos

###### Pastizal Altoandino

Estado de conservación: Muy bueno

Coordenadas geográficas: 16°03'26.62"S - 68°18'15.5"W

Elevación (m.s.n.m.): 4800

Pendiente (%): ≥ 20

Vegetación representativa: *Trichophorum rigidum*, *Stipa hans-meyeri*, *Deyeuxia sp.*

Usos: Ganadería de camélidos

###### Pastizal Altoandino

Estado de conservación: Bueno

Coordenadas geográficas: 16°05'5.29"S - 68°20'11.76"W

Elevación (m.s.n.m.): 4500

Pendiente (%):  $\geq 20$

Vegetación: *Festuca dolichophylla*, *Deyeuxia sp*, *Caiophora horrida*

Usos: Ganadería de camélidos.

### **Pastizal de transición entre Puneño y Altoandino**

Estado de conservación: Bueno

Coordenadas geográficas: 16°10'43.00"S - 68°22'52.05"W

Elevación (m.s.n.m.): 4302

Pendiente (%):  $\geq 20$

Vegetación: *Festuca dolichophylla*, *Deyeuxia spicigera*, *Adesmia schickendantzii*, *Lachemilla pinnata*, *Relbunium*, *Azorella diapensoides*, *Oxalis*.

Usos: Pastoreo extensivo de camélidos y vacuno

### **Pastizal Puneño en ladera**

Estado de conservación: Bueno

Coordenadas geográficas: 16°12'18.20"S - 68°23'28.99"W

Elevación (m.s.n.m.): 4190

Pendiente (%): 60

Vegetación: *Festuca dolichophylla*, *Deyeuxia sp.*, *Hypochaeris echegarayi*, *Adesmia schickendantzii*

Usos: Pastoreo de camélidos y vacuno

### **Pastizal Puneño**

Estado de conservación: Regular

Coordenadas geográficas: 16°12'27.40"S - 68°26'22.78"W

Elevación (m.s.n.m.): 3989

Pendiente (%): 0 - 5

Vegetación: *Festuca dolichophylla*, *Stipa ichu*

Usos: Ganadería vacuna y camélida.

### **Pastizal Puneño en ladera**

Estado de conservación: Muy bueno

Coordenadas geográficas: 16°12'1.54"S - 68°33'19.20W

Elevación (m.s.n.m.): 3900

Pendiente (%): 0 - 4

Vegetación: *Festuca dolichophylla*, *Muhlenbergia fastigiata*

Usos: Ganadería de camelidos y vacuna extensiva

### **Subcuenca Taypichaca**

#### **Pastizal Altoandino**

Estado de conservación: Bueno - regular

Coordenadas geográficas: 16°12'40.02"S - 68°15'15.39"W

Elevación (m.s.n.m.): 4493

Pendiente (%): 10 - 70

Vegetación: *Trichophorum rigidum*, *Stipa hans-meyeri*, *Deyeuxia sp.*,.

Usos: Ganadería mayormente camélida y vacuno.

### Pastizal Altoandino

Estado de conservación: bueno  
 Coordenadas geográficas: 16°13'14.04"S - 68°15'15.11"W  
 Elevación (m.s.n.m.): 4000  
 Pendiente (%): 10 - 70  
 Vegetación: *Trichophorum rigidum*, *Stipa hans-meyeri*, *Deyeuxia* sp.  
 Usos: Mayormente ganadería de camélidos.

### Pastizal Puneño

Estado de conservación: Regular - malo  
 Coordenadas geográficas: 16°14'28.59"S - 68°27'40.08"W  
 Elevación (m.s.n.m.): 4002  
 Pendiente (%): 0 - 10  
 Vegetación: *Oxalis oreocharis*, *Stipa*, *Festuca*, *Piptochaetium indutum*, *Cyperus andinus*.  
 Usos: Agricultura y ganadería

### Barbechos

Estado de conservación: Regular - malo  
 Coordenadas geográficas: 16°17'8.10"S - 68°26'33.33"W / 16°18'.3.10"S - 68°31'33.32"W  
 Elevación (m.s.n.m.): 3965  
 Pendiente (%): 0-10  
 Vegetación: *Oxalis bisfracta*, *Relbunium ciliatum*, *Lachemilla pinnata*, *Cardionema ramossisima*, *Aristida asplundi*, *Baccharis* sp.  
 Usos: Agricultura

### Pastizal Puneño

Estado de conservación: Regular  
 Coordenadas geográficas: 16°17'10"S - 68°30'27"W  
 Elevación (m.s.n.m.): 3820  
 Pendiente (%): 10 - 40  
 Vegetación: *Lepidium meyenii*, *Bidens andicola*, *Hordeum muticum*, *Taraxacum officinale*, *Sonchus oleraceus*, *Trifolium amabile*, *Oxalis*, *Myrosmodes* sp.  
 Usos: Agrícola, presencia de aynokas.

### Comunidad de bofedal

Esta comunidad vegetal se encuentra en áreas con napa freática superficial y al borde de riachuelos, por lo que siempre tiene suelos anegados, por lo tanto esta comunidad está influenciada por la acumulación de agua permanente. Bajo estas condiciones se desarrolla una cubierta vegetal continua formada por ciperáceas y juncáceas junto con otras especies que toleran inundaciones o son semiacuáticas (higrófitas). En la zona de estudio los bofedales ocupan una porción importante del territorio por lo que se trata en un capítulo aparte. Sin embargo en general esta comunidad se caracteriza por tener plantas arrosetadas y de hojas blandas que forman tapices planos. Los sitios donde crecen estos tapices, generalmente, permanecen húmedos durante todo el año, con coberturas del 100%. Las especies que conforman esta comunidad vegetal son *Plantago tubulosa* con coberturas que varían desde 0.5 hasta 80%, *Eleocharis albibracteata*, *Cotula mexicana*, *Hypsela reniformis*, *Hypochoeris taraxacoides* y *Baccharis acaulis* con coberturas que varían desde 0.5 hasta 45%. En la comunidad de bofedal se puede distinguir cuatro subgrupos:

El primer subgrupo (A) está conformado por plantas que crecen en rosetas laxas con agua permanente durante todo el año. Generalmente, se encuentran entre las lagunas y el bofedal. Las especies que conforman este subgrupo son: *Werneria apiculata*, *Ranunculus cymbalaria*, *Plagiobothrys kunthii* y *Quinchamalium procumbens*.

El segundo subgrupo (B) está conformado por *Lachemilla diplophylla* y *Lilaeopsismacloviana*, que son especies asociadas a ambientes muy húmedos o con una capa de agua permanente.

El tercer subgrupo (C) está conformado por gramíneas y graminoides y las especies son: *Deyeuxia rigescens*, que es una de las pocas especies emergentes, alcanza hasta 20 centímetros.

Además, dentro de este grupo se encuentran *Juncus stipulatus* que es laxo y *Scirpus deserticola* que junto con *Plantago tubulosa* forman tapices que son la base del bofedal.

El cuarto subgrupo (D) está conformado por *Castilleja pumila* y *Lachemilla pinnata*. Estas especies también se encuentran en cultivos abandonados cerca de bofedales y en otros sitios con humedad en el suelo.

#### 4.4.1.6 Uso local de la flora

En general la oferta de recursos es poca. Esto tiene como base las características de biodiversidad imperante y las condiciones climáticas, lo cual repercute en las pocas posibilidades de diversificación productiva. Los recursos están concentrados en unos pocos ecosistemas (y especies) no muy extensos en superficie y de distribución bastante localizada (como bofedales, tholares y praderas). Esta situación ha conducido en el tiempo a una elevada especialización en términos del uso de determinados recursos y ecosistemas por las poblaciones locales.

La oferta de recursos en la región, se basa en los ecosistemas formaciones de vegetación y especies de flora - fauna, con mayor potencialidad de oferta y es en torno a estos que se estructuran la mayoría de los sistemas productivos.

Diversos recursos de la biodiversidad son utilizados por los pobladores locales, entre ellos destacan el uso de forraje en las actividades ganaderas, circunscrita principalmente a las áreas de bofedales; especies vegetales utilizadas como leña; especies vegetales utilizadas en medicina tradicional; fauna silvestre y sus productos secundarios con diferentes propósitos; recursos hídricos, recursos minerales y recursos paisajísticos.

Algunos recursos naturales, como por ejemplo los bofedales y pastizales están paulatinamente en progresiva disminución y escasez, debido principalmente a la sobreexplotación por la ganadería camélida u ovina, cuya tenencia se la realiza sin planes de manejo adecuados.

Los bofedales ocupan una reducida cobertura en comparación con la superficie de tierras, con una distribución marcadamente localizada en el fondo de valles glaciales y planicies aluvionales de las cuencas mayores. De acuerdo a algunos estudios (Olivera et.al.2006), existe un creciente proceso degradativo de los bofedales por efecto conjuncionado del sobrepastoreo, reducción de los aportes hídricos y por tanto de la productividad forrajera y pérdida del manejo tradicional.

Aparentemente en algunos sectores pequeños la queñua habría sido extraída, aunque posiblemente no de forma regular, al mismo tiempo la población local parece haberse asumido que está prohibida y que sus poblaciones están muy reducidas. Sin embargo, se continúa con la extracción, uso y comercialización local de la thola (varias especies), aunque en muy pequeña escala.

Se identifica el uso de paja chilligua (*Festuca dolichophylla*) para la elaboración de colchones, con la particularidad de que la cosecha se realiza de forma mecanizada mediante podadoras a gasolina.

**Tabla 4.4-1 Lista de flora de la zona de estudio (CPM 2013)**

Familia	Nombre botánico	Nombre común	Forma de vida	Cat.Amen/CITES
<b>COMPOSITAE</b>	<i>Senecio serratifolius</i>	hierba	HPE	
	<i>Hypochoeris meyeniana</i>	pata de gallo	HPE	
	<i>Hypochoeris echegaravi</i>	Nc	HPE	
	<i>Baccharis alpina</i>	tola	ARU	
	<i>Baccharis tola</i>	tola	ARU	
	<i>Hypochoeris taraxacoides</i>	hierba	HPE	
	<i>Senecio clavifolius</i>	Nc	ARU	
	<i>Senecio serratifolius</i>	hierba	HIA	
	<i>Bidens andicola</i>	suncho, saitilla	HIA	
	<i>Werneria apiculata</i>	hierba	HPE	
	<i>Werneria pygmaea</i>	hierba		
	<i>Gamochoeta spicata</i>	Nc	ARU	
	<i>Mutisia orbigniana</i>	chilca	ARU	
	<i>Senecio sp.</i>	maicha	ARU	
	<i>Taraxacum officinale</i>	Nc		
	<i>Hypochoeris sp.</i>	chicoria del humedal	HPE	
	<i>Hypochoeris taraxacoides</i>	diente de león	HIA	
	<i>Senecio sp.</i>	tola champa de zorro	HPE	
	<i>Gamochoeta spicata</i>	hierba plateada	HIA	
	<i>Gamochoeta sp.</i>	vira vira, jarilla	HPE	
<b>CARYOPHYLLACEAE</b>	<i>Arenaria digyna</i>	Nc	HIA	
	<i>Cardionema ramosissima</i>	Nc	HIA	
	<i>Paronychia andina</i>	Nc	HIA	
<b>CACTACEAE</b>	<i>Lobivia sp</i>	Cactus	CAC	CITES II
<b>CRUCIFERAE</b>	<i>Brayopsis monimocalyx</i>	Nc		
	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Nc		
	<i>Crucifera sp.</i>	Nc		
	<i>Descurainia myriophylla</i>	Nc		
	<i>Lepidium aletes</i>	Nc		
	<i>Lepidium depressum</i>	Nc		
	<i>Lepidium meyeri</i>	Nc		
<b>CYPERACEAE</b>	<i>Eleocharis sp.</i>	cebollin	CIP	
	<i>Cyperus sp.</i>	cebollin	CIP	
	<i>Cyperus sp.</i>	ciperus estrellado	CIP	
	<i>Cyperus andinus</i>	Nc	CIP	
	<i>Eleocharis albibracteata</i>	Nc	CIP	
	<i>Eleocharis cf. atacamensis</i>	Nc	CIP	
	<i>Eleocharis melanocephala</i>	Nc	CIP	
<b>EPHEDRACEAE</b>	<i>Ephedra rupestris</i>	chipa chaqui, pinco pinco	ARU	
<b>FABACEAE</b>	<i>Lupinus sp.</i>	hierba	HPE	

Familia	Nombre botánico	Nombre común	Forma de vida	Cat.Amen/CITES
	<i>Astragalus</i> sp.	hierba	HPE	
	<i>Adesmia schickendantzii</i>	Nc	HPE	
	<i>Astragalus garbancillo</i>	Nc	HPE	
	<i>Medicago lupulina</i>	Nc	HPE	
	<i>Trifolium amabile</i>	Nc	HPE	
	<i>Trifolium repens</i>	Nc	HPE	
<b>GENTIANACEAE</b>	<i>Gentiana minima</i>	Nc	HIA	
<b>GERANIACEAE</b>	<i>Gentianella briquetiana</i>	hierba	HPE	
<b>GRAMINEAE</b>	<i>Nassella</i> sp.	pasto aguada	GRA	
	<i>Festuca robusta</i>	paja	GRA	
	<i>Distichilis humilis</i>	gramilla	GRA	
	<i>Cortaderia cortaderia</i>	pastito	GRA	
	<i>Nassella</i> sp.	pastito hoja fina	GRA	
	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	pastito, brama	GRA	
	<i>Muhlenbergia peruviana</i>	pasto		
	<i>Stipa leptostachya</i>	paja amarilla	GRA	
	<i>Stipa ichu</i>	Paja		
	<i>Microchiloa indica</i>	Pastito	GRA	
	<i>Stipa leptostachya.</i>	pasto	GRA	
	<i>Hordeum muticum</i>	paja plumiza	GRA	
	<i>Deyeuxia</i> sp.	paja rojiza	GRA	
	<i>Festuca</i> sp.	paja blanca	GRA	
	<i>Deyeuxia</i> sp.	pasto niebla	GRA	
	<i>Stipa</i> sp.	Pasto	GRA	
	<i>Deyeuxia</i> sp.	brama, pasto	GRA	
	<i>Festuca dolichophylla</i>	paja chillagua	GRA	
	<i>Paspalum</i> sp.	pasto	GRA	
	<i>Poa ovata</i>	pasto	GRA	
	<i>Poa annua</i>	pasto	GRA	
<b>JUNCACEAE</b>	<i>Juncus imbricatus</i>		HIA	
	<i>Juncus stipulatus</i>		HIA	
<b>MALVACEAE</b>	<i>Nototriche</i> sp	malvilla	HIA	
<b>ORCHIDACEAE</b>	<i>Myrosmodes paludosum</i>	Nc	ARU	
<b>POLYGONACEAE</b>	<i>Rumex acetosella</i>	Nc	ARU	
	<i>Rumex</i> sp.	Nc	ARU	
<b>RANUNCULACEAE</b>	<i>Oreithales integrifolia</i>	Nc	HIA	
	<i>Ranunculus</i> sp.	Nc		
<b>OXALIDACEAE</b>	<i>Oxalis bisfracta</i>	yuyo	HPE	
	<i>Oxalis</i> sp.	trébol flor amarilla	HPE	
<b>PLANTAGINACEAE</b>	<i>Plantago myosurus</i>	Nc	ARU	
<b>RANUNCULACEAE</b>	<i>Caltha sagittata</i>	Nc	HPE	
	<i>Oreithales integrifolia</i>	Nc	HPE	
	<i>Ranunculus cymbalaria</i>	Nc	HPE	
	<i>Ranunculus uniflorus</i>	Nc	HPE	
	<i>Rununculus breviscapus</i>	Nc	HPE	
<b>ROSACEAE</b>	<i>Tetraglochin cristatum</i>	Nc	ARU	
	<i>Lachemilla diplophylla</i>	Nc	ARU	
	<i>Lachemilla pinnata</i>	Nc	ARU	
<b>SOLANACEAE</b>	<i>Solanum acaule</i>	Nc	ARU	
<b>UMBELIFERAE</b>	<i>Azorella diapensoides</i>	Nc	ARU	
	<i>Lilaeopsis macloviana</i>	Nc	ARU	
	<i>Niphogeton dissecta</i>	Nc	ARU	

Forma de vida:	
ARU =	Arbusto
CAC =	Cactácea
CIP =	Ciperácea
HIA =	Hierba anual
HPE =	Hierba bianual o perenne
HHI=	Helecho herbáceo
GRA=	Gramínea
LIQ=	Liquen

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo

**Nc:** Nombre común no conocido

**Apencide CITES:** En el Apéndice I se incluyen todas las especies en peligro de extinción. El comercio en especímenes de esas especies se autoriza solamente bajo circunstancias excepcionales.

En el Apéndice II se incluyen especies que no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia.

#### 4.4.1.7 Resultados

La puna de Bolivia es una región muy amplia con una alta diversidad de ecosistemas y especies, varios centros de origen de plantas de importancia económica y varios endemismos regionales. Ha sido y es el lugar de establecimiento de varias culturas Aymara, quechuas y mestizas. Su diversidad biológica, ecológica, cultural y social le da la potencialidad de conservar germoplasma in situ, junto con la capacidad de tolerar la acción permanente del hombre y la naturaleza.

En la zona de estudio se ha identificado una actividad antrópica de baja a moderada; sobre todo los bofedales y pastizales en orden de importancia son utilizados por la gente local para el pastoreo del ganado (Ver punto de caracterización de bofedales); en este sentido, varios lugares empiezan a mostrar signos de degradación por erosión, salinización, producto de la acción combinada de prácticas inadecuadas de cultivo, por el sobrepastoreo y el cambio climático (calentamiento global, aumento en la frecuencia y duración de las sequías).

Se realizó un diagnóstico general vegetacional, donde se encontraron 91 especies, agrupadas en 21 familias distintas. Considerando el periodo invernal, la proporción de especies es menor respecto al estudio realizado por Meneses 2013 en la misma zona.

Se reconocieron cinco comunidades vegetales en diferentes unidades fisonómicas dentro de las cuales se destacan los bofedales, roquedales, parcelas en descanso y arenales entre otros.

Las laderas en las zonas altas (nival y subnival) presentan suelos muy superficiales, afloramientos rocosos, pertenecen a tierras no arables, no presentan ningún uso agropecuario (eriales).

Las formaciones vegetales de la región estudiada se encuentran degradadas por el uso intensivo que le dieron las comunidades campesinas durante años, por lo tanto el estado de conservación es pobre.

Se pudo observar de forma que los sitios que necesitan manejo inmediato son áreas de cultivo, pastoreo, y bofedales alrededor de los cuerpos de agua que están en proceso de desecación y pastoreo intensivo por el ganado camélido.

En el área de estudio se pueden diferenciar claramente dos zonas: zona baja caracterizada por ser principalmente agrícolas y la zona alta con extensas áreas de pastura las que son aprovechadas principalmente para pastoreo.

Existe predominancia de gramíneas en el área de estudio, principalmente de *Festuca dolichophylla*, *Deyeuxia* sp., *Phylloscirpus* y *Stipa* sp.

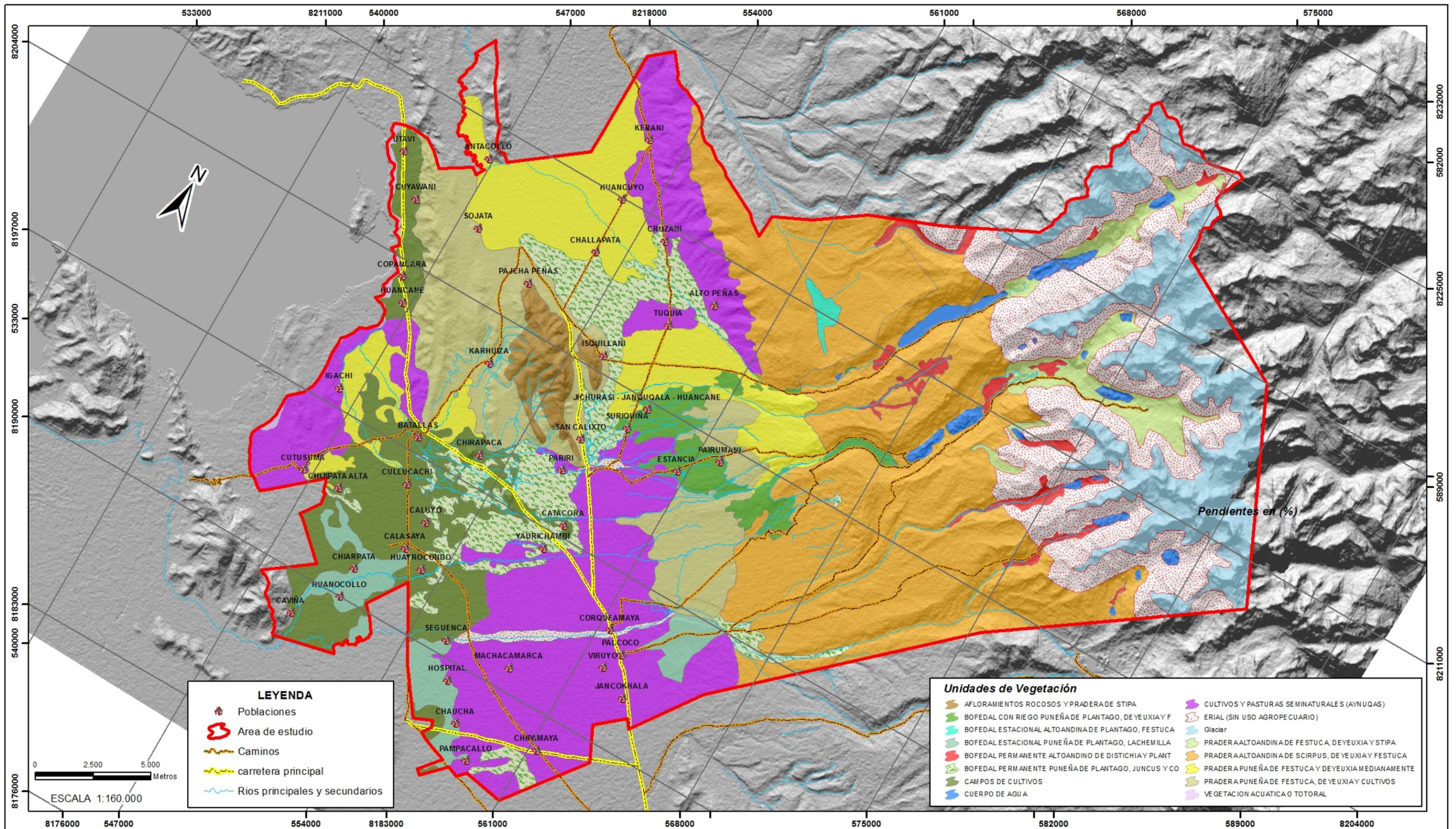
Ibisch et al. (2003) consideran la mayoría de esta zona de vegetación con presencia de tipos de vegetación cuya composición florística contiene un claro predominio de elementos propios de las Punas pluviestacionales que, desde el centro-sur del Perú, alcanzan similitudes a las cordilleras de Cochabamba y La Paz, las cuales constituyen su límite sur de distribución. Los diferentes tipos de unidades de vegetación, se presentan asociados en el paisaje de forma diferencial, característica y repetitiva, constituyendo conjuntos espaciales que se distribuyen en relación a las características geofísicas y biogeográficas del territorio.

El área ocupada por cada uno de estos conjuntos, constituye una zona de vegetación determinada, la cual en general se caracteriza por contener una peculiar combinación de tipos comunes de vegetación puneña. Cada zona de vegetación, por tanto, se diferencia por presentar leves variaciones de especies, las cuales se caracterizan a su vez por poseer combinaciones florísticas algo diferenciadas, con grandes similitudes de otros sitios de la ecoregion representada. De esta manera, las especies identificadas en la zona de estudio tienen un endemismo regional; es decir, con distribución en zonas similares de la Puna húmeda, desde Bolivia hasta la zona andina de Perú.

Durante las campañas de evaluación florística realizadas en la zona de estudio al inicio de invierno del 2013, se han registrado especies de flora terrestres de amplia distribución en la región de la Puna boliviana. Caracterizadas por su distribución y abundancia de acuerdo a las características del sustrato y la disponibilidad de humedad en el suelo.

En zonas con mayor concentración de humedad como bofedales y vegas, la cobertura vegetal es cerrada, siendo áreas sobrepastoreadas por el ganado camélido (llama y alpaca) y ovino.

El inadecuado manejo de la ganadería que provocan el sobrepastoreo de áreas con escasa cobertura vegetal, consecuentemente la pérdida gradual de la misma. Este hecho es más crítico en los bofedales al que se encuentran en un estado de degradación, desecamiento y desaparición debido al sobrepastoreo, la extracción de agua y turba con fines agrícolas y pecuarios.



## 4.4.2 Caracterización de Bofedales

### 4.4.2.1 Generalidades

El presente diagnóstico se llevó a cabo en las cuencas Khullu Cachi y Jacha Jahuirá que pertenecen a los municipios de Pucarani y Batallas respectivamente del Departamento de La Paz.

Ambas cuencas altitudinalmente poseen pisos ecológicos de Altiplano y Altoandino, y climáticamente son subhúmedos, porque por su cercanía al lago Titicaca y a la Cordillera Oriental están muy influenciados por las masas de aires calientes y fríos que se traducen en mayores precipitaciones pluviales, en relación a otras zonas de la Zona Andina que son semiáridas y áridas. Por tanto, ambas cuencas se caracterizan por presentar climas más benignos cuyos ecosistemas son menos frágiles por presentar suelos más fértiles con mayor diversidad florística y mayor cobertura vegetal; sin embargo, por el fenómeno de la incidencia del cambio climático, a veces las heladas y granizadas son agudas y frecuentes, al igual que los periodos críticos de sequías con lluvias escasas. Los ecosistemas del Altoandino se ubican entre los 4200 y 4800 metros de altitud, cuales se ubican hacia la cordillera oriental, y son utilizados en alto grado para la cría de llamas y alpacas, y en menor escala para la cría de ovinos y vacunos criollos. A su vez, en los ecosistemas del Altiplano que se ubican entre los 3812 y 4199 msnm; las actividades económicas por el mejor clima y suelos más fértiles, son más diversificadas consistentes de cultivos agrícolas anuales (tubérculos, haba, avena y cebada) y cultivos de pasturas introducidas como alfalfa principalmente, avena y cebada, y algunas asociaciones.

En ganadería, prima la cría de vacunos de leche, con altos grados de mestizaje con las razas Holstein y Pardo Suizo, cuya actividad es la base principal de fuentes de ingresos económicos de la mayoría de las familias que habitan en las dos cuencas y las aldeañas; las crías de ovinos y vacunos criollos, y equinos son intrascendentes. Tanto en el Altoandino como el Altiplano, la existencia de los bofedales, juegan un rol vital en la cría de camélidos y los vacunos criollos; mientras que, los vacunos mestizados de leche, solo acceden a aquellos bofedales del piso Altiplánico que poseen vegetación herbácea de estrato alto que facilita su consumo; se observó que a los bofedales altoandinos no acceden los vacunos mestizados.

En ambas cuencas y zonas adyacentes existen diversos bofedales y representación de la flora y vegetación de la Puna Humeda; de la cual, existe un relevamiento de información completo realizado por Meneses, et, al (2013). A nivel nacional, estas ecoregiones han sido poco evaluadas, se tiene información sectorizada de estas ecoregiones referidas a su distribución, la superficie, sus características biofísicas y ambientales, y otras características requeridas. Asimismo, la existencia de estos ecosistemas es escaso a nivel de país, pero su existencia es importante y útil porque son la fuente permanente de alimentación la ganadería doméstica (camélidos, vacunos, ovinos, otros), son refugio y hábitat de una diversidad importante de fauna, son fuente y reservorios de agua; ambientalmente mejoran o regulan el clima local y regional, etc., etc. Por tanto, el presente estudio contribuirá a la corroboración de datos de la **línea base** realizada por Meneses, et. al (2013), en la misma zona, a los fines de conocer el estado actual de conservación de estos ecosistemas, conocer sus limitaciones, problemas y potencialidades; y basados en ellos elaborar propuestas de acciones prioritarias e implementar las mismas para revertir y/o mitigar los posibles impactos ambientales que se

podrían ocasionar durante la ejecución del proyecto, al igual que contrarrestar los efectos de los eventos del fenómeno del cambio climático global.

#### 4.4.2.2 Metodología base del diagnóstico

El diagnóstico y/o evaluación de campo de los bofedales en las dos cuencas, fueron efectuados entre abril y mayo de 2013. Por tanto, los resultados presentados en el presente informe corresponden a estas fechas. A continuación se detallan el proceso metodológico y las actividades desarrolladas a nivel de gabinete y de campo, para obtener los resultados correspondientes:

#### Elaboración de los instrumentos de campo (trabajo de gabinete)

Los siguientes instrumentos fueron elaborados para el uso y evaluación sistemática de datos de campo, los mismos se adjuntan como anexos al presente informe en físico y digital:

- ✓ Formularios para cobertura vegetal (composición botánica, diversidad, condición ecológica, etc.) y componentes abióticos (suelo desnudo, mantillo, estiércol, etc.).
- ✓ Formularios para el muestreo y estimación del rendimiento de fitomasa, capacidad de carga, capacidad de soporte, y grado de utilización.
- ✓ Formularios para estimar en campo el pH del agua de riego y nivel freático del bofedal.
- ✓ Boletas para caracterizar variables edáficas (nivel/espesor de materia orgánica y textura del suelo del bofedal).
- ✓ Georeferenciación, tratamiento e impresión de imágenes satelitales Landsat TM de bofedales.
- ✓ Todas las variables evaluadas en campo (incluye las coordenadas geográficas en UTM de los puntos de muestreo), fueron tabuladas en Hojas Electrónicas Excel, y luego procesadas y sistematizadas como resultados finales. Estos se adjuntan como anexos en varias matrices al presente informe en formato digital. Esto debido a que la información contenida en las matrices es muy amplia, dificultosa de imprimir en una sola página; sin embargo, en el informe se presentan los resultados resumidos en tablas. Asimismo, en el mapa 9.1 se muestra la ubicación y distribución de los puntos de muestreo de campo de los bofedales evaluados a través de transectos lineales, asimismo, se incluyen los puntos de georeferenciación de varias unidades de bofedales y tipos de praderas naturales parecidos a los bofedales.

#### Determinación de la cobertura vegetal y composición botánica

El inventario de la vegetación en términos de cobertura vegetal y composición botánica, se efectuó a través del método de “punto de contacto” de Goodall (1952), el mismo, en transectos lineales utiliza un muestreador del tipo rejilla que contiene 10 agujas metálicas graduadas cada 4 centímetros que se desplazan y tocan a las plantas en 45 grados de inclinación. Un formulario especialmente diseñado fue utilizado para el registro de las especies un total de 140 puntos; parte de este total de puntos, implicó el registro en el

mismo formulario los componentes no vegetales como suelo desnudo, piedra, roca, mantillo orgánico, estiércol y afloramiento salino. Adicionalmente, en otros formularios, se registró información general relevante referida a fisiografía, hidrología, textura de suelos, altitud y las coordenadas geográficas en unidades UTM. Todo este procedimiento fue replicado en cada una de las unidades de muestreo.

En la Foto 4.4-1, en una secuencia fotográfica se ilustran los materiales y equipos utilizados durante el trabajo de campo; también se ilustran las lecturas de la vegetación, muestreo de suelos, medición del pH del agua, extracción de tepes en campo y cosecha en gabinete, y otras variables, y los registros en formularios.

En gabinete, para cada transecto y sitio de muestreo se calculó la composición porcentual de cada especie, luego se relacionó al 100% para obtener la cobertura relativa de cada especie botánica, al igual que para los otros componentes como suelo descubierto, afloramiento salino, piedra, mantillo vegetal muerto, estiércol y la presencia de charcos de agua. La composición botánica propiamente, se calculó en base al componente únicamente vegetal para lo cual nuevamente se relacionó al 100%; mientras, las variables no biológicas (suelo desnudo, estiércol, etc.) fueron descartados para este cálculo.

A continuación del inventario botánico de campo y en el mismo sitio de muestreo, se registró el porcentaje de utilización, donde a través del uso de un anillo metálico de 10 cm de diámetro se hicieron lecturas de la proporción de la fitomasa forrajera que fue consumida por el ganado. Asimismo, en el mismo sitio de muestreo, se determinó el “verdor del bofedal”, porcentaje de plantas vivas y secas, y proporción de plantas muertas. Por la época de muestreo que corresponde al periodo de lluvias (enero-febrero-marzo), fue obvio el registro de una elevada proporción de plantas vivas verdes y contrariamente las planas vivas secas y plantas muertas fueron insignificantes.

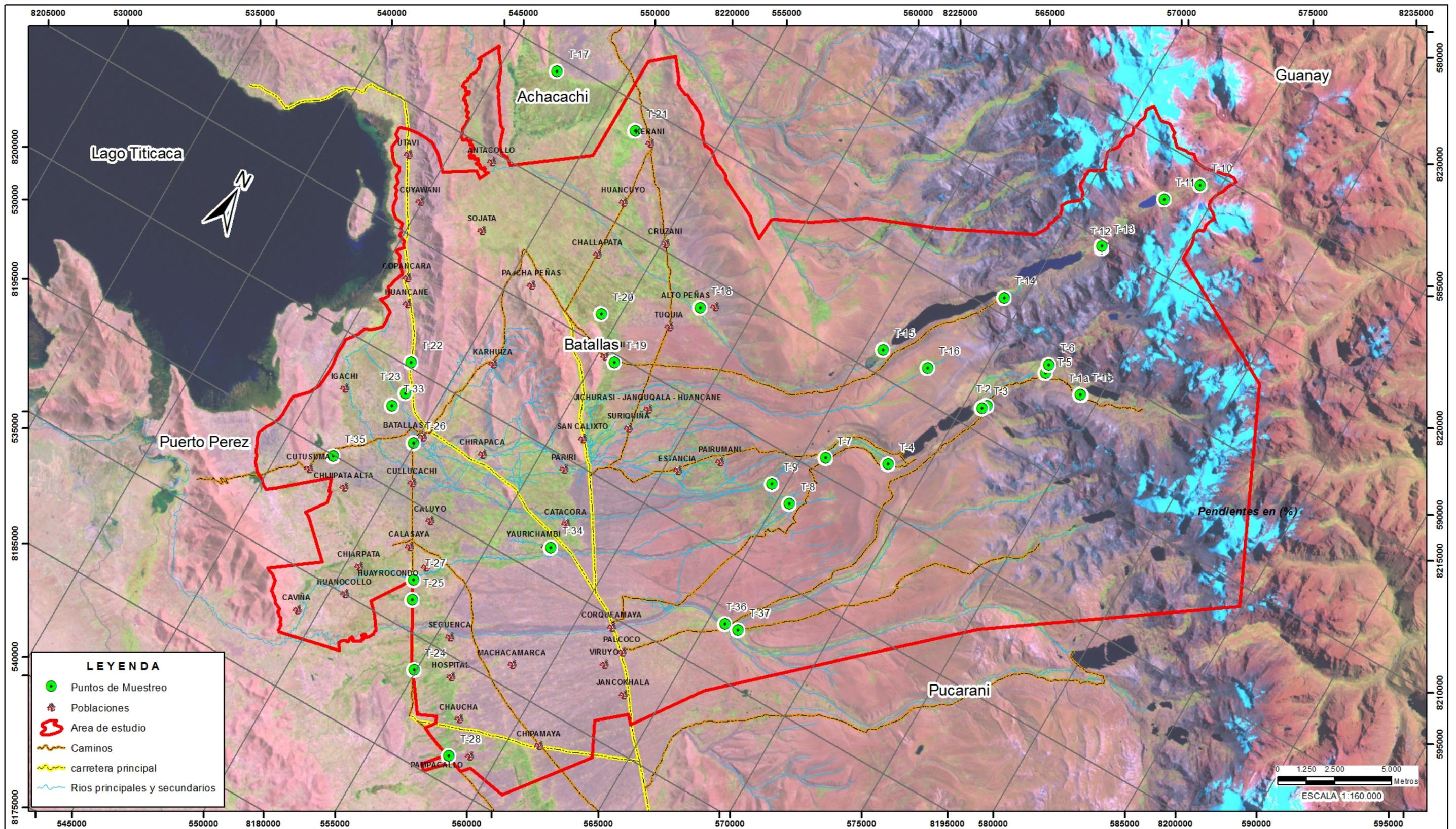
### **Identificación y clasificación de especies botánicas inventariadas**

Al momento de inventariar y evaluar la vegetación en el campo no todas las especies botánicas censadas se pudieron identificar correctamente, en tanto, las especies no conocidas fueron recolectadas, herborizadas y codificadas con claves, posteriormente, en gabinete fueron clasificadas por comparación con herbarios e información bibliográfica. Aquellas especies no identificadas en gabinete, fueron consultadas al Herbario Nacional de Bolivia para su determinación taxonómica. La clasificación, revisión, y corrección taxonómica de especies y familias botánicas se realizaron utilizando información secundaria de Pestalozzi y Torrez (1998) y otros autores de guías botánicas de flora altoandina.





Foto 4.4-1 Secuencia fotográfica de materiales y equipos utilizados, y metodología del trabajo de campo.



### **Estimación de la materia seca y grado de utilización**

En cada transecto de inventariación, a través de un anillo metálico de 10 cm de diámetro (78.54 cm<sup>2</sup>) con 5 repeticiones, se extrajeron al azar tepes del material vegetal vivo presente, esto para estimar y conocer los volúmenes de producción de fitomasa forrajera disponible para la época de estudio. Posteriormente, en gabinete, de cada tepe se cosecharon a ras muestras de fitomasa, las que luego una vez secadas en horno a temperatura de 65°C por 48 horas, fueron pesadas en balanza de precisión. Los resultados finales fueron expresados en kgMS/Ha para cada sitio de muestreo.

El grado de utilización de la fitomasa aérea fue estimado por el método de doble muestreo, para ello, se dispuso de tepes testigos con fitomasa no utilizado (potencial de producción) o de máximo crecimiento y tepes con fitomasa utilizado (pastoreado) con 10 repeticiones. Posteriormente, la fitomasa de estos tepes fue cosechado a ras, secado en horno a temperatura de 65°C por 48 horas hasta peso constante, luego pesado y expresado en kgMS/Ha y cotejado entre lo utilizado y no utilizado para conocer el potencial de producción de los bofedales.

### **Evaluación de variables edáficas de los bofedales**

Las variables edáficas de mayor interés evaluadas fueron textura, pH y conductividad eléctrica (CE). A tal efecto, en cada sitio de muestreo fueron extraídas muestras de suelos a través de un barreno metálico que sirvió también para esquematizar un perfil general de los horizontes que poseen los suelos de los bofedales. Las muestras de suelo fueron obtenidas en la línea del transecto de las lecturas de vegetación (composición botánica y fitomasa), posteriormente fueron almacenadas en una bolsa de polietileno para su envío y análisis en laboratorio. Otra información complementaria registrada fue pendiente, color y la profundidad a la que se encuentra después de la capa de materia orgánica. En algunos bofedales no fue posible obtener muestras de suelo, debido a que la capa de materia orgánica excedía los 1.5m de profundidad y el barreno muestreor sólo es de 1.2 m de largo.

En el Anexo 2, se presentan los resultados del análisis de muestras de suelos efectuados en el Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA) dependiente de la Universidad Mayor San Andrés (UMSA). Las variables determinadas fueron pH, conductividad eléctrica (CE) y textura, las que básicamente fueron utilizadas para identificar y clasificar tipos o clases de bofedales existentes en el área de estudio del proyecto, y en alguna medida para caracterizar a éstos. A su vez el pH del agua que irrigan o emanan de los bofedales, que fue determinado en campo durante la evaluación en cada unidad de muestreo (transectos); fue utilizado para respaldar y/o corroborar la clasificación de los tipos de bofedales determinada para el proyecto.

### **Elaboración del mapa de bofedales**

El mapa de bofedales, fue elaborado sobre la base de la identificación y distribución de comunidades vegetales con bofedales, y el procedimiento consistió de dos fases: fase de gabinete y fase de campo. La fase de gabinete está referida a la interpretación y digitalización de imágenes, redigitalización y extrapolación y utilización de información secundaria. Por otra parte, la fase de campo incluyó dos aspectos principales, la supervisión de campo y la georeferenciación de bofedales propiamente y otras

comunidades vegetales semejantes y no semejantes adyacentes que pudieran causar confusión.

Adicional al mapa de bofedales, se elaboró el mapa de los puntos de muestreo de campo; cada uno de los cuales constituyen o representan los transectos lineales de muestreo aplicados en las unidades de vegetación del bofedal (bofedal hidromórfico, bofedal méxico, etc.). Por tanto, en este mapa se expresan el total de los puntos y/o transectos de muestreos efectuados, y el total de puntos georeferenciados de bofedales, y otro tipo de vegetación similar (chillihuares y totorales) que pudieran causar confusión en la extrapolación y clasificación de los bofedales.

### Redigitalización y extrapolación

La redigitalización en la imagen satelital y en gabinete, se efectuó una vez finalizada la expedición supervisada de campo. Con la información de campo de aquellos sitios de muestreo y las áreas georeferenciadas de los bofedales y no bofedales, se ajustó las áreas correctas de los bofedales.

#### 4.4.2.3 Clasificación de tipos de bofedales

La clasificación de tipos de bofedales existentes en el área de estudio del proyecto, se efectuó a base de tres variables: 1) ubicación altitudinal o piso ecológico (Altoandino); 2) el hidromorfismo del bofedal (acuático, hidromórfico y méxico) referido al grado de humedad permanente o temporal imperante en los bofedales; y el grado de pH del suelo del bofedal en términos de ácido, neutro y alcalino.

Para establecer los dos pisos ecológicos en los que se ubican y distribuyen los bofedales, se consideró los criterios de Beck (1985), Montes de Oca (1989) y Ellenberg (1981), quienes al piso ecológico Altiplánico consideran por debajo de los 4100 m de altitud, y al piso ecológico del Altoandino por encima de esta altitud. Para la presente clasificación, se utilizaron las siguientes altitudes sobre el nivel del mar:

**Tabla 4.4-2 Altitudes de los pisos ecológicos definidos en el área de estudio**

Piso ecológico	Altitudes
Altiplano	≤ 4100 msnm
Altoandino	≥ 4101 msnm

Fuente: Elaboración propia según criterios de Beck

La clasificación para el grado de humedad imperante, fue tomada la metodología definida por Alzérreca et al. (2001), quienes para el ámbito del sistema TDPS-Bolivia clasificaron a los bofedales con humedad permanente durante todo el año como “hidromórficos” y los con humedad parcial por efecto del periodo de lluvias como “mésicos”. Similarmente, para la clasificación del variable pH del suelo, se utilizó la metodología de Alzérreca et al (2001), los rangos y categorías son los siguientes:

**Tabla 4.4-3 Rangos de PH de suelos**

Ácidos			Neutros	Alcalinos		
Muy Ácidos	Ácidos	Poco Ácidos		Poco Alcalinos	Alcalinos	Muy Alcalinos
< 3.4	3.5 a 5.4	5.5 a 6.4	7.5 a 6.5	7.6 a 8.5	8.6 a 9.5	> 9.6

Fuente: Alzérrecá et al. (2001).

### Condición ecológica

La condición ecológica para cada sitio de muestreo, se determinó siguiendo el siguiente procedimiento:

- ✓ Identificación y clasificación de especies botánicas decrecientes, acrecentantes, invasoras y/o tóxicas, y especies anuales. La sumatoria como cobertura vegetal de las plantas decrecientes sirve para calcular el índice de calidad (IC) del sitio de muestreo del bofedal. Se calcula por la fórmula: **IC = 0.5\*(x)**, donde: x = puntaje de calidad.
- ✓ La sumatoria de las plantas decrecientes, acrecentantes e invasoras (plantas no presentes o de escasa presencia en bofedales de condición ecológica excelente) arroja un puntaje para calcular el índice forrajero (IF). Se calcula por la fórmula: **IF = 0.2\*(x)**, donde: x = puntaje de plantas forrajeras.
- ✓ El estado del suelo es la suma de la cobertura de suelo desnudo, piedra, roca, y afloramiento salino. El resultado se expresa como el índice del estado del suelo (IES) y se calcula por la fórmula: **IES = 0.2\*(100-x)**, donde: x = puntaje de indicadores del estado del suelo.
- ✓ El índice de vigor (IV), se determina sumando el total de la cobertura vegetal, cuyo valor se aplica en la siguiente fórmula: **IV = 0.1\*(x)**, donde: x = cobertura vegetal total de la pradera.
- ✓ Finalmente, la sumatoria de los puntajes de estos 4 índices calculados, se los relaciona con la tabla preestablecida de Flores (1980), donde existen 5 categorías de condición ecológica: excelente, buena, regular, pobre y muy pobre.

Este método de determinación de la condición ecológica de praderas nativas (bofedales) está basado en la respuesta ecológica de las plantas al pastoreo, por lo que constituye un indicador del estado de salud de la pradera nativa bajo pastoreo, o el estado de conservación. En consecuencia, se asume que estas praderas reaccionan al manejo y su condición ecológica puede variar según la intensidad o grado de pastoreo. Sin embargo, la condición de la vegetación nativa en las tierras altas de Bolivia es muy dependiente de las lluvias y heladas, la calidad de suelos, pendiente, etc., que del propio manejo y utilización; por tanto, la determinación de la condición ecológica de una pradera natural como es el caso de los bofedales, constituye sólo un indicador referencial.

### Capacidad de carga por disponibilidad de forraje

Para estimar la capacidad de carga por el “método de disponibilidad de forraje”, antes se debe ajustar el forraje disponible por el factor de 0.9 debido a que todo campo natural de

pastoreo (CANAPA) sea bofedal o pradera nativa de secano posee áreas desnudas sin vegetación, áreas inaccesibles como partes anegadizas, cuerpos de agua, ríos, caminos, edificaciones, etc. La existencia de estas variables en superficie en el interior de las praderas en general se estima en alrededor del 10%. Para el presente diagnóstico, se consideró restar el 10% de superficie del bofedal muestreado, antes de calcular su producción de forraje disponible y la estimación de la capacidad de carga.

Por otro lado, para determinar la capacidad de carga para los bofedales muestreados, se consideró la información de los pesos vivos de las especies animales prevalentes expresados en unidades animal adulto (llamas, vacunos y ovinos), y el porcentaje de consumo en función del peso vivo y el requerimiento de forraje diario y anual. Los pesos vivos promedio fueron obtenidos por consultas a los comunarios del área de estudio, mientras, los porcentajes de los requerimientos corresponden a información secundaria.

### **Análisis y redacción**

La información de campo fue tabulada y procesada en la hoja electrónica Excel. Con esta información se efectuó diversos análisis estadísticos utilizando métodos paramétricos y no paramétricos. Asimismo, la interpretación de resultados fue contrastada con información secundaria y otras fuentes de información similar, para disponer de conclusiones más consistentes posibles. Finalmente, se redactó el presente informe sobre la base de una estructura de documento ajustado a los requerimientos de la Entidad Contratante; tomando en cuenta los resultados procesados, complementando con información secundaria, y ajustando el informe de acuerdo a la información generada, procesada y a la disponibilidad de resultados finales. Las características bióticas, abióticas, la distribución y superficie de los bofedales, la productividad de fitomasa forrajera, y otras características intrínsecas, fueron analizadas integralmente.

#### **4.4.2.4 Definición técnica de bofedal**

Alzérreca et al. (2001) y Prieto et al. (2003), aseveran que los bofedales son campos naturales de pastoreo (CANAPAS) ó campos artificiales inducidos o creados por sus usuarios, con humedad temporal o permanentemente, cuya vegetación mayormente pulviniforme siempre verde está adaptada a niveles superficiales de napa freática, con diferente cantidad, calidad y distribución del agua debido a la fuerte influencia de las condiciones del clima imperante y por su historia de manejo y aprovechamiento. Estos ecosistemas según la ecoregión donde se ubiquen son extremadamente frágiles principalmente por los cambios drásticos del régimen hídrico derivando en un rápido e irreversible secado hasta su destrucción como hábitat. Los cambios aun menores de clima, la cantidad de agua disponible y el mal aprovechamiento pueden incidir en cambios dramáticos de la composición y diversidad de plantas, microclima más severo, y el abandono de un sistema tradicional de pastoreo, son otras causas que afectan a la existencia, conservación y bienestar de estos ecosistemas.

Los mismos autores en coincidencia con otros, resaltan que son ecosistemas de alto valor biológico e hidrológico, son el hábitat para numerosas especies de flora y fauna, algunas endémicas, y funcionan como reguladores del flujo hídrico al retener agua en la época húmeda y liberarla en la época seca. Se caracterizan en general por ser de superficies pequeñas, desde unos 0.02 hectáreas hasta más de 2 mil hectáreas, frente a la gran extensión de las praderas nativas xerofíticas distribuidas a lo largo y ancho de los pisos ecológicos Altiplánico y Altoandino. Por régimen hídrico, los bofedales se clasifican en

permanentemente húmedos (hidromórficos o údicos) y temporalmente húmedos (mésicos o ústicos).

#### 4.4.2.5 Importancia de los bofedales

##### Ecológico y servicios ambientales

Los bofedales en ambientes con severas limitaciones climáticas y edáficas para la práctica agrícola, constituyen ecosistemas claves porque son hábitat y nichos para numerosas especies de fauna y flora nativa y por otra, contribuyen de manera definitiva en la ocurrencia de un microclima local favorable, atemperando los rigores de la sequedad medioambiental de ecoregiones áridas, semiáridas e incluso en los subhúmedos durante los periodos secos del invierno y primavera que generalmente son secos en estas épocas. Al proveer forraje verde de forma permanente durante éstos dos periodos secos, definitivamente permiten una cría sostenida aunque no satisfactoria de la ganadería camélida principalmente y en menor escala a los ovinos y vacunos, la inexistencia de bofedales en otras regiones incide negativamente en la performance de esta ganadería, y prácticamente la cría de alpacas sin bofedales sería nula.

Asimismo, los bofedales como humedales son hábitat principal de muchas especies de aves, peces, mamíferos e insectos. Actúan como esponjas almacenando agua durante el periodo de lluvias y la liberan de forma regulada el flujo de agua durante los periodos de estiaje. Evitan la erosión de los suelos, y pueden eliminar y almacenar en algún grado los gases de efecto invernadero de la atmósfera, retrasando y mitigando el calentamiento global. Al actuar como ecosistema buffer, en varias regiones áridas y semiáridas constituyen un oasis proveedor permanente de agua para consumo humano y animal, así como para el regadío de cultivos agrícolas en pisos ecológicos inferiores y en actividades mineras entre otras.

##### Económico

Los bofedales producen forraje permanente que es vital para la cría de ganado camélido e introducido principalmente en ecoregiones pastoriles. La cría de llamas y alpacas que básicamente se sustentan de praderas nativas y entre ellas los bofedales, genera una actividad económica única y significativa a través de la venta de productos y subproductos como la carne, lana, cuero, estiércol, reproductores, exportación de animales vivos, y otras actividades económicas como la artesanía que derivan en la confección y venta de prendas de fibra, carne salada deshidratada (charque), embutidos y curtiembres entre otras para una gran cantidad de familias rurales y urbanas. Otra actividad económica reciente basada en el uso de bofedales en varias regiones de Bolivia, es el manejo y aprovechamiento comunitario de vicuñas, de las que en silvestría se esquila y exporta fibra a precios favorables cuyos ingresos económicos se distribuyen de forma directa y en efectivo a todas las familias y comunidades participantes.

##### Sociocultural

En el pasado reciente aún se practicaba y cumplía un sistema de pastoreo planificado de los bofedales y las praderas nativas séricas, donde primaba el principio y la práctica consciente de manejo sustentable de los recursos naturales. En las tierras altas de Bolivia que se caracterizan por climas con severas restricciones para otras actividades humanas como la agricultura, se desarrolló culturas nativas de pastoreo de camélidos (llamas y

alpacas). Durante la colonia gran parte de éstos camélidos incluida las vicuñas y guanacos fueron desplazados de los bofedales ubicados en zonas bajas de la planicie Altiplánica y remplazados por la cría de ovinos y vacunos, y una apreciable extensión de bofedales fueron transformados en tierras agrícolas perdiéndose así como recurso natural importante apto para pastoreo.

Hoy la práctica de habilitar bofedales para cultivos agrícolas en el área de influencia del proyecto está vigente principalmente en el piso ecológico Altiplano, debido a que la densidad demográfica cada vez es mayor que demandan más tierras para cultivar papa, y forrajeras anuales y plurianuales (alfalfa) para la lechería de vacunos. Asimismo, por la densidad demográfica elevada en las planicies de los municipios de Pucarani y Batallas donde existen bofedales, éstos se encuentran muy parcelados y su tenencia y acceso es privado a nivel unifamiliar; igualmente, en estas zonas los bofedales se encuentran en un proceso gradual de urbanización a través de la construcción de viviendas e infraestructura para la ganadería (corrales, establos, etc.), acciones que están reduciendo la existencia y superficie de los bofedales con impactos ambientales negativos para la zona.

Otras prácticas socioculturales relacionadas con los pastores andinos y el uso de bofedales, son la wilancha o sacrificio de camélidos como un acto ritual de gratitud a la pachamama; el marcaje de los animales por sus propietarios o por el yatiri con colecta de sangre como símbolo de fecundación y propagación del rebaño; el uso de prendas de vestir de textiles simbólicos (taris, aguayo) para envolver, guardar y llevar objetos pequeños, alimentos, coca y servir como altares, las que intervienen en casi todos los escenarios rituales; y entre otras están las relaciones de coexistencia entre los pastores de las tierras altas con los agricultores de las partes bajas (valles), para el cual los pastores viajaban a pie por meses con caravanas de llamas transportando sal, carne deshidratada, quinua y prendas confeccionadas de fibra de camélidos para realizar el intercambio o trueque por granos de maíz, trigo, etc. Hoy algunas de estas costumbres ancestrales siguen vigentes, mientras otras por diversas causas han desaparecido.

#### 4.4.2.6 Mapa, número y superficie de tipos de bofedales

En el Mapa 9.2, se presenta la distribución de los 7 tipos de bofedales existentes en el área de estudio del proyecto, mientras en las Tablas 4.4-4 y 4.4-5 y Figura 4.4-1, se resumen globalmente el número de bofedales existentes, y la superficie global y su relación porcentual de los mismos. Estos bofedales fueron clasificados considerando tres criterios como son la altitud sobre el nivel del mar, el régimen hídrico de los bofedales, y el pH del agua que irrigan los bofedales, y también el pH de los suelos de los bofedales, que es una variable más estable que del agua. En base a estos criterios se obtuvieron los resultados de clasificación de los siguientes tipos de bofedales en el área del proyecto:

- ✓ Bofedales altoandinos hidromórficos ácidos (**Baaha**),
- ✓ Bofedales altoandinos hidromórficos neutros (**Baahn**),
- ✓ Bofedales altoandinos méxicos ácidos (**Baama**),
- ✓ Bofedales altoandinos méxicos neutros (**Baamn**),
- ✓ Bofedales altiplánicos hidromórficos ácidos (**Baha**),
- ✓ Bofedales altiplánicos neutros (**Bahn**), y
- ✓ Bofedales altiplánicos méxicos ácidos (**Bama**).

**Tabla 4.4-4 Resumen de la superficie y número de bofedales en el área de estudio del proyecto**

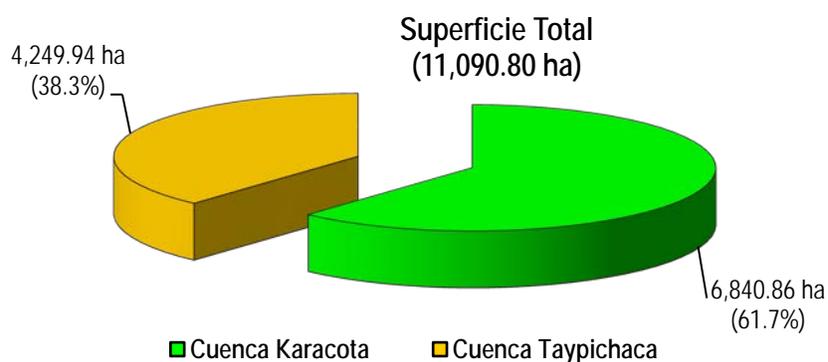
Tipos de Bofedales	Superficie (ha)	%	N° Bofedales	%
Bofedales altoandinos	2,948.3	23.9	591	49.7
Bofedal altioplánicos	9,391.2	76.1	597	50.3
<b>TOTAL</b>	<b>12,339.5</b>	<b>100.0</b>	<b>1188</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Elaboración propia en base al trabajo de campo

**Tabla 4.4-5 Superficie, porcentaje y condiciones de tipos de bofedales**

Tipos de Bofedales	Código	Superficie (ha)	(%)	Condición ecológica numeral	Condición ecológica literal
<b>BOFEDALES ALTOANDINOS</b>					
Bofedal altoandino hidromórfico ácido	Baaha (1)	2155.4	17.5	75.5	Buena
Bofedal altoandino hidromórfico neutro	Baahn (3)	253.8	2.1	77.4	Buena
Bofedal altoandino mésico neutro	Baamn (4)	154.9	1.3	67.2	Buena
Bofedal altoandino mésico ácido	Baama (2)	384.2	3.1	59.6	Regular
<b>Subtotal</b>	<b>4 tipos</b>	<b>2948.3</b>	<b>23.9</b>		
<b>BOFEDALES ALTIPLANICOS</b>					
Bofedal altioplánico hidromórfico ácido	Baha (5)	8349.9	67.7	79.7	Buena
Bofedal altioplánico mésico ácido	Bama (6)	502.0	4.1	77.4	Buena
Bofedal altioplánico hidromórfico neutro	Bahn (7)	539.3	4.4	81.0	Excelente
<b>Subtotal</b>	<b>3 tipos</b>	<b>9391.2</b>	<b>76.1</b>		
<b>TOTAL</b>	<b>7 tipos</b>	<b>12339.5</b>	<b>100.0</b>		

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 4.4-1 Superficie y relación porcentual de los bofedales**

Fuente: Elaboración propia

Globalmente la superficie total de bofedales en el área de estudio del proyecto alcanza a 12,339.52 hectáreas. De este total 2,948.34 hectáreas de bofedales corresponden al piso altoandino que equivalen al 23.9%; mientras, en el piso ecológico Altiplano los bofedales totalizan a 9,391.18 hectáreas que equivalen al 76.1%. El número total de unidades de bofedales (polígonos) alcanza a 1188; de los cuales 591 unidades (49.7%) corresponden al piso ecológico altoandino, y 597 unidades de bofedales (50.3%) son del piso ecológico altiplánico.

Analizando los resultados, se observa que globalmente priman los bofedales hidromórficos en relación a los méxicos; asimismo, priman los bofedales ácidos frente a los neutros. A nivel de piso ecológico altitudinal, priman los bofedales Altiplánicos que los Altoandinos; esto se debería principalmente por la configuración natural de las subcuencas y microcuencas que existen en el área de estudio del proyecto, y por otra por la creación de muchos bofedales artificiales a través de sistemas riego construidos en las partes bajas de piso Altiplánico del área del proyecto.

Las fotografías siguientes, ilustran los 7 tipos de bofedales identificados y clasificados para el área de influencia del proyecto. Estos en su existencia y distribución son muy variables en tamaño, forma y en otras características, tanto a nivel de piso ecológico Altiplánico como Altoandino.

Foto 4.4-2 Bofedal Altoandino Hidromórfico Acido (**Baaha**).



Foto 4.4-3 Bofedal altoandino méxico ácido (**Baama**).



Foto 4.4-4 Bofedal altoandino hidromórfico neutro (**Baahn**).



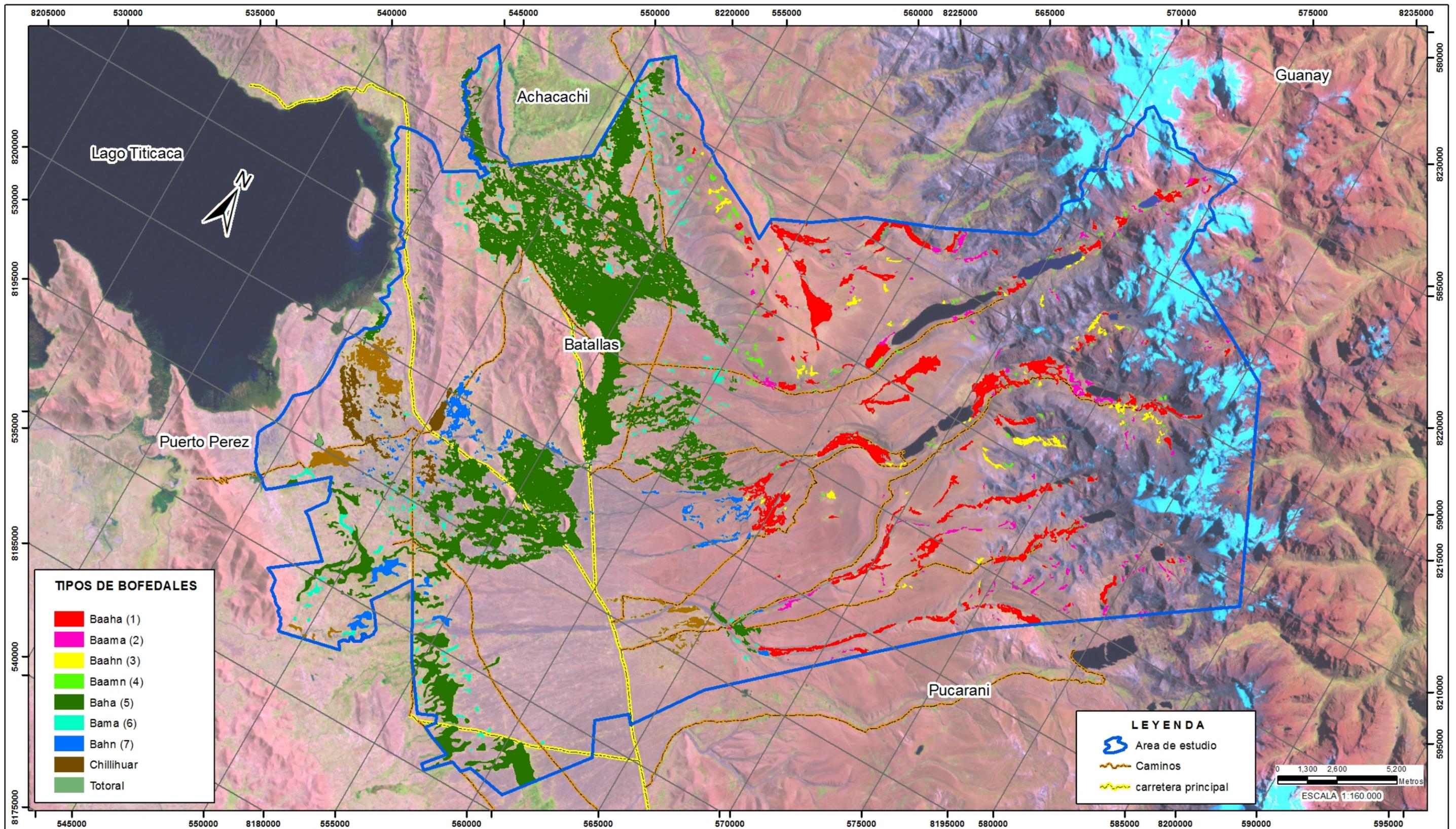
Foto 4.4-5 Bofedal altiplánico hidromórfico ácido (**Baha**).



Foto 4.4-6 Bofedal altiplánico méxico ácido (**Bama**).

Foto 4.4-7 Bofedal altiplánico hidromórfico neutro (**Bahn**).





### Otras praderas naturales parecidas a bofedales

Estas praderas naturales identificadas y clasificadas básicamente en el área del proyecto son los “chillihuales” y los “totoraes”, ambas se ubican principalmente en el piso ecológico Altiplánico (Tabla 4.4-6 y Fotos 4.4-8 y 4.4-9).

Los “chillihuales” son praderas naturales compuestas esencialmente por la gramínea plurianual de estrato alto **Festuca dolichophylla** que localmente los comunarios la conocen como “chillihua”. Estas praderas al igual que los bofedales se ubican en las partes más bajas o fondos de quebradas con pendientes suaves, en llanuras, en terrazas aluviales, donde los suelos son profundos, orgánicos, de buen contenido de humedad pero de buen drenaje, pH promedio entre neutro y ácido, textura franco arcillo limoso; por tanto, son de elevada cobertura vegetal y diversidad florística y consecuentemente son de elevada producción de forraje muy apto para el pastoreo continuo de vacunos, camélidos y ovinos, asimismo son muy aptos para la práctica agrícola de papa, hortalizas, pasturas, etc.

Por estas características durante el periodo lluvioso suelen estar muy saturadas de humedad hasta incluso durante el invierno, por lo que es común confundirlas con los bofedales cuando son clasificadas en gabinete utilizando imágenes satelitales, por tanto, es recomendable realizar la clasificación supervisada de campo para precisar y diferenciar entre los bofedales verdaderos y los chillihuales. Asimismo, la *Festuca dolichophylla*, es una especie plurianual de amplia distribución, por ello, es frecuente encontrarla en los bofedales en las partes más altas de buen drenaje, aunque su desarrollo es pobre en relación a su hábitat más propicio descrito antes. En cuanto a su estado de conservación, los chillihuales respecto a los bofedales, son mucho más vulnerables como ecosistemas porque de forma continua son habilitados para la práctica agrícola, consecuentemente, su existencia y distribución en superficie es cada vez menos; esta realidad es patente en el área de estudio del proyecto, especialmente en el piso ecológico Altiplánico, donde el clima es más favorable para la práctica agrícola.

**Tabla 4.4-6 Número y superficie de praderas nativas parecidas a bofedales de los tipos Chillihuar y Totoral existentes en el área de estudio del proyecto.**

Praderas nativas parecidas a bofedales	N° Praderas	%	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Pradera nativa tipo Chillihuar	104	90.4	831.6	85.6
Pradera nativa tipo Totoral	11	9.6	140.2	14.4
<b>Total</b>	<b>115</b>	<b>100.0</b>	<b>971.8</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte los “totoraes”, a manera de pradera nativa, en su generalidad casi en forma monofítica, están compuestos por una especie semiacuática *Choenoplectus tatora*, localmente conocida como “totora”; en el área de estudio y de influencia del proyecto se encuentran distribuidos mayormente en las orillas y zonas ribereñas del lago Titicaca y en menor escala en partes anegadizas de los bofedales y pequeños cuerpos de agua tanto del piso ecológico Altiplánico como Altoandino. Su importancia radica en su utilización como forraje para la alimentación de vacunos criollos y en menor proporción para vacunos meztizados (raza Holstein).

Ecológicamente constituyen hábitat y refugio de una serie de especies de fauna, principalmente aves. Al realizar su identificación y clasificación utilizando imágenes satelitales, es posible confundirlos con los bofedales por la textura y tono de color similar, por lo que en este trabajo se realizaron las verificaciones de campo correspondientes.

En la tabla 4.4-6, se observa que el total de los tipos de praderas naturales parecidas a los bofedales totalizan 971.8 ha, de los cuales 831.6 ha corresponden a los chillihuales equivalente al 85.6%, y 140.2 ha a los totorales que equivalen al 14.4%. Asimismo, en cuanto al número, los chillihuales son los más numerosos de 104 unidades (90.4%), mientras los totorales totalizan 11 unidades (9.6%). Ambos tipos de praderas naturales están representados en el mapa 9.2, y las mismas se ilustran en las siguientes fotografías.



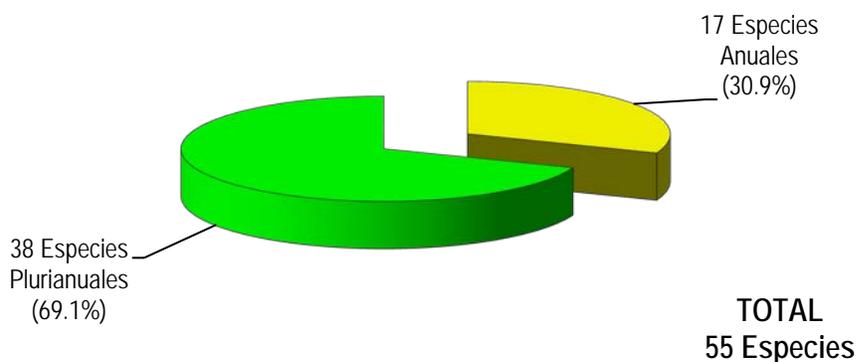
Foto 4.4-8 Praderas naturales parecidas a bofedales del tipo totoral.



Foto 4.4-9 Praderas naturales parecidas a bofedales del tipo Chillihuar.

#### 4.4.2.7 Diversidad florística general de los bofedales

El inventario botánico efectuado en los distintos bofedales del área de estudio del proyecto, da cuenta que la vegetación de éstos ecosistemas consta de un total de 55 especies distribuidas en 17 familias (Figura 4.4-2 y Figura 4.4-3). Por orden de importancia, se observa que prevalecen las Gramineae con el 25% por albergar a 14 especies, las Compositae con el 18% (10 especies) y las Cyperaceae con el 13% (7 especies). Otras familias de interés son la Ranunculaceae con el 9% que alberga a 5 especies, y la Juncaginaceae con el 5% (3 especies). Las familias Gentianaceae, Rosaceae y Scrophulariaceae albergan 2 especies equivalentes al 4%; mientras, las restantes familias agrupan sólo a una especie equivalente al 2%. El grupo de “**otras**” familias representan al 4% con la presencia de 2 especies botánicas.



**Figura 4.4-2 Número de especies botánicas por ciclo biológico en los bofedales**

Fuente: Elaboración Propia

Contrastando los resultados de las Figuras anteriores, con los bofedales del Sistema TDPS-Bolivia, éstos reportaron 17 familias botánicas para el piso Altoandino con prevalencia de Gramineae, Compositae y Cyperaceae que en conjunto agrupan a 35 especies equivalente al 60.4% (25.9, 20.7 y 13.8% respectivamente); de manera similar, en los bofedales Altiplánicos también predominan las mismas familias en el mismo orden de importancia equivalentes al 60.6% (29.5, 18.0 y 13.1 respectivamente).

Basado en estos reportes, se podría afirmar que los bofedales en general son ecosistemas particulares que albergan a una gama de fitodiversidad muy rica y valiosa como alimento para la ganadería y la fauna relacionada. Esta flora siempre verde y suculenta produce forraje muy nutritivo durante todo el año aún en periodos secos y en años de sequía extrema, por ello el interés y la importancia de proteger, conservar y realizar un aprovechamiento sustentable.

En formas de vida (ciclo vegetativo) de las 55 especies identificadas, 38 especies son plurianuales equivalentes al 61.1% y las restantes 17 especies son anuales. Estos resultados respaldan del porque los bofedales son altamente potenciales y de forma continua. Por su parte, la proporción de las especies anuales es baja (17 especies) que sólo reaparecen y producen fitomasa durante el periodo de lluvias. Para la persistencia y sobrevivencia de estas especies (anuales y plurianuales), es vital asegurar el desarrollo completo de todas sus fases fenológicas hasta el semilleo y/o reproducción asexual, si éstos procesos reproductivos son interrumpidos por acciones antropicas (pastoreos continuos y/o ausencia de riegos), se estaría atentando su existencia y sobrevivencia, e induciendo a una disminución de la frecuencia, cobertura vegetal, densidad, producción y capacidad de carga de los bofedales entre otros.

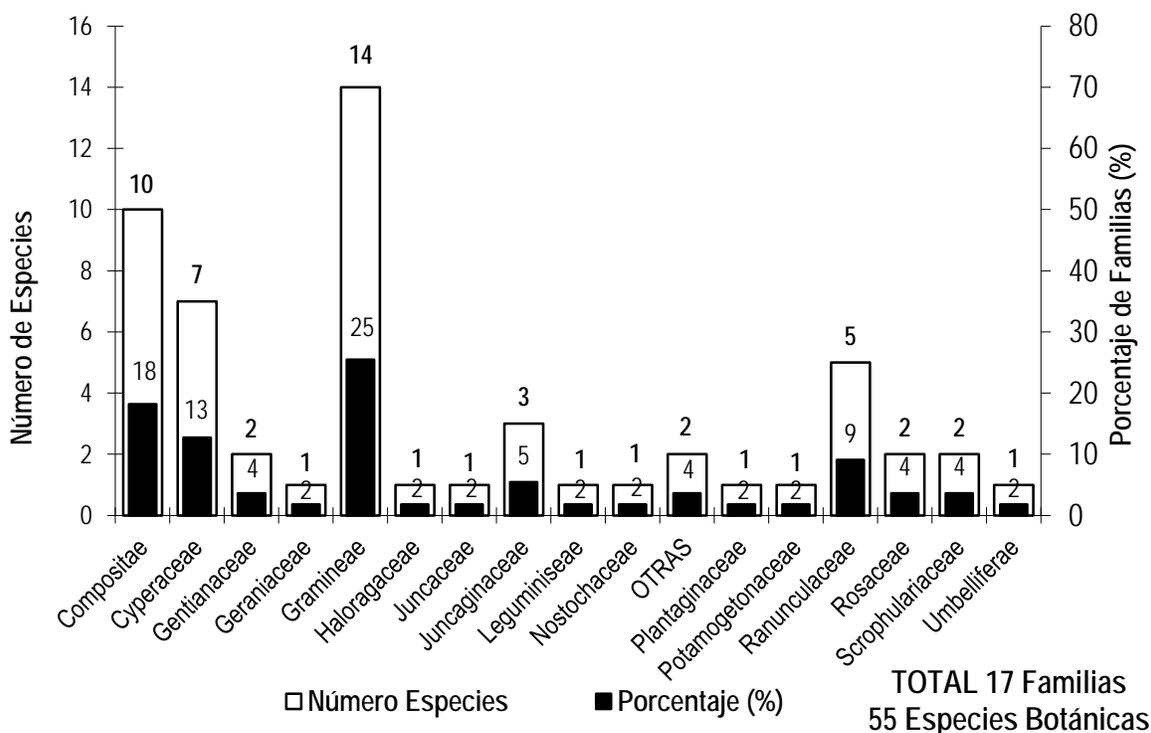


Figura 4.4-3 Número de familias y especies botánicas existentes en los bofedales

Fuente: Elaboración Propia

### Especies de interés forrajero y ecológico de bofedales

Desde el punto de vista ecológico y ambiental, todas las especies vegetales especialmente las nativas o silvestres son útiles e importantes. Para las praderas naturales de las tierras altas de Bolivia; Lara y Alzérrecá (1976), reportaron 112 especies de interés forrajero por sus características de grado de presencia, ciclo vegetativo (plurianual), hábito de crecimiento, resistencia y aceptabilidad por el ganado (palatabilidad); de éstas 13 especies corresponden a los bofedales.

Para los bofedales del área de estudio del proyecto, se encontró un total de 55 especies. Estas especies clasificadas por su respuesta ecológica al pastoreo, se tienen las siguientes categorías de especies:

Tabla 4.4-7 Categorías de especies

Categoría de especies	Numero	%	Aceptabilidad	Palatabilidad
Anuales	14	25.5	Consumida	Palatable
Indeseables	3	5.5	No consumida	No palatable
Decrecientes	33	60.0	Consumida	Palatable
Acrescentantes	5	9.1	Poco consumida	Poco palatable
<b>Total</b>	<b>55</b>	<b>100.0</b>		

Fuente: Elaboración Propia

Los bofedales del área del proyecto contienen el 60% de especies que son consumidas y/o palatables por las diversas especies de ganado (camélidos, vacunos, ovinos, vicuñas, etc.); el 25% de especies son anuales las que pese a ser palatables son efímeras por su ciclo vegetativo; el 9.1% son especies poco consumidas o poco palatables; y sólo el 5.5% son especies indeseables (3 especies).

De acuerdo a la ecología de praderas, las especies decrecientes tienden a decrecer debido a que están sometidas a un continuo pastoreo porque son las más consumidas por ser palatables; consecuentemente, disminuyen en su cobertura vegetal, composición botánica, diversidad, productividad, etc., en desmedro de la dinámica integral de la pradera. Por su parte, las especies acrecentantes que son poco consumidas y poco palatables, tienden a incrementar y mejorar en su comportamiento biológico, situación no deseable en el manejo y utilización de las praderas naturales y la alimentación animal. Las especies anuales que también son palatables no influyen significativamente en la dinámica productiva interal de la pradera, mientras, las especies indeseables que difieren bastante en sus características biológicas, generalmente son consideradas perjudiciales para la ganadería por ser algunas tóxicas, pero no para la protección y conservación de suelos, el manejo de cuencas y la fauna entre otras.

Según el Libro Rojo de flora amenazada para la zona andina (MMAyA, 2012), para las especies de bofedales, sólo se reportan las siguientes tres especies que están categorizadas como “En Peligro”:

**Tabla 4.4-8 Especies en peligro**

Especies	Categoría de Amenaza 2012	Observaciones
<i>Distichia filamentosa</i>	En Peligro	Sinónimo: <i>Agapatea filamentosa</i>
<i>Distichia muscoides</i>	En Peligro	Sinónimo: <i>Agapatea peruviana</i>
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	En Peligro	Sinónimo: <i>Scirpus deserticola</i>
<i>Oxychloe andina</i>	En Peligro	<i>Distichia andina</i> ; <i>D. macrocarpa</i>

Fuente: Libro Rojo de flora amenazada (MMAyA, 2012)

Efectivamente, las tres primeras especies inventariadas en el área del proyecto, se verificó que son escasas poco frecuentes en los diferentes bofedales muestreados; mientras, la última especie se encontró que está presente en varios bofedales en mayor frecuencia y buena composición florística. Estas especies son propias de los verdaderos bofedales del piso ecológico altoandino, no es frecuente encontrarlas en el piso ecológico altiplánico.

Utilizando la guía ilustrada de especies forrajeras nativas de la zona andina de Mercado et al. (2013); en las siguientes fotografías, se muestran algunas especies que fueron identificadas e inventariadas en los bofedales evaluados en el área del proyecto. Esto para resaltar la importancia forrajera (especies decrecientes), contribuir en el conocimiento general y la valoración correspondiente desde el aspecto ecológico y ambiental por el proyecto:



*Lilaeopsis andina*



*Cotula mexicana*



*Werneria heteroloba*



*Werneria pygmaea*



*Plantago tubulosa*



*Scirpus deserticola*



*Deyeuxia chrysantha*



*Deyeuxia curvula*



*Distichia muscoides*



*Oxychloe andina*



*Deyeuxia rigescens*



*Deyeuxia vicunarum*



*Ranunculus uniflorus*



*Lachemilla diplophylla*



*Lachemilla pinnata*



*Castilleja pumila*



*Aciachne pulvinata*



*Hypochoeris taraxacoides*

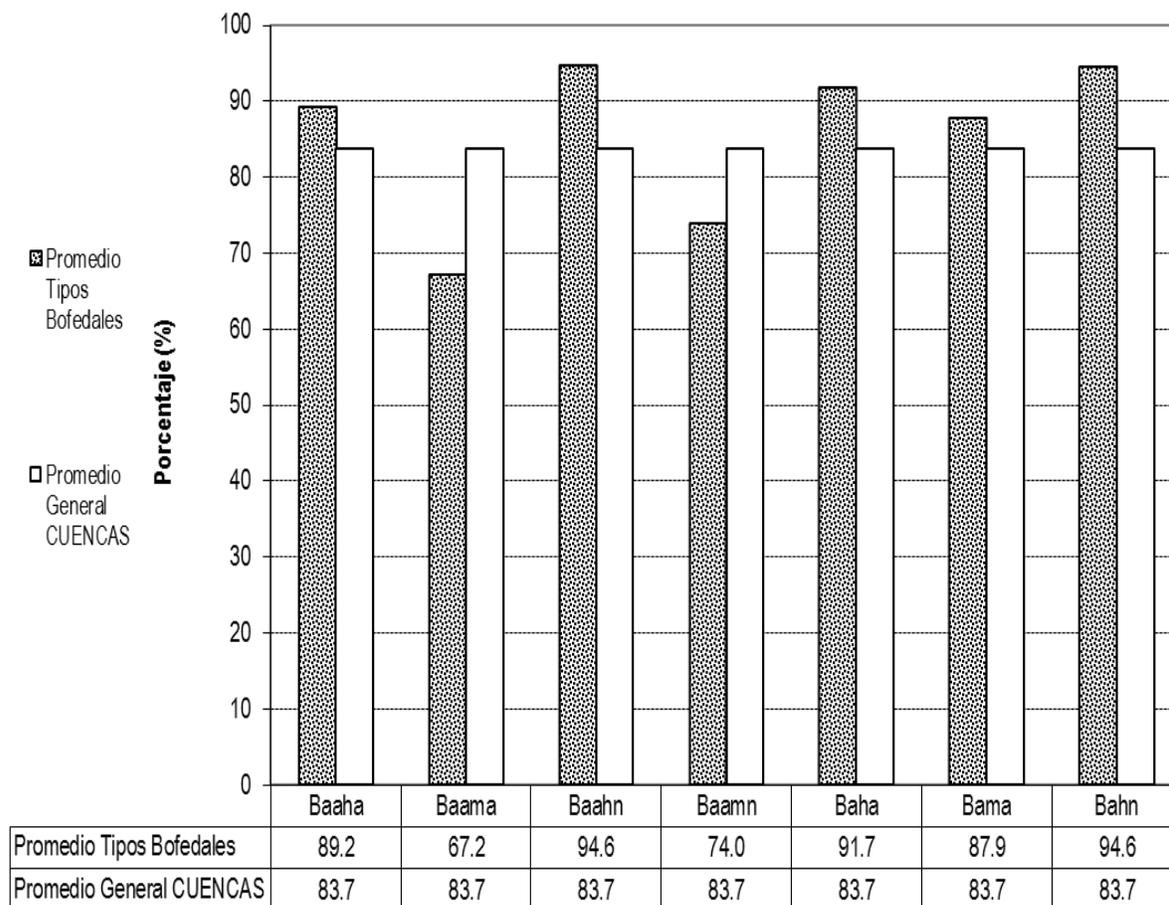


Fot 4.4-10 Especies más comunes presentes en los bofedales identificadas en la zona de estudio

#### 4.4.2.8 Cobertura vegetal y composición botánica por tipos de bofedales

Las especies vegetales más representativas en los diferentes tipos de bofedales resaltadas en negrilla (Tabla 4.4-9) son *Oxychloe andina* (paco), *Eleocharis albibracteata* (kemallu), *Scirpus aff. boliviana*, *Carex aff. pinetorum*, *Festuca dolichophylla* (chillihua), *Scirpus aff. boliviana*, *Werneria pygmaea*, *Plantago tubulosa* (siki), *Deyeuxia curvula* (porke), y *Carex microcephalus*. Todas estas plantas en proporciones variables están presentes en todos los tipos de bofedales, mientras otras especies solo existen en algunos tipos de bofedales.

La mayoría de estas especies son plurianuales que en promedio contribuyen con una cobertura vegetal del 89.2% en el tipo **Baaha**, con 67.2% en el tipo **Baama**, con 94.6% en el tipo **Baahn**, con 74.0% en el tipo **Baamn**, con 91.7% en el tipo **Baha**, con el 87.7% en el tipo **Bama**, y con el 94.6% en el tipo **Bahn**. La baja cobertura vegetal registrada en el tipo **Baama** se debe a su carácter méxico del mismo (con humedad temporal), al sobrepastoreo y a su ubicación en partes elevadas y las periferias de los bofedales hidromórficos, así como su ubicación en laderas; mientras, la mayoría de los bofedales hidromórficos (con humedad permanente) reportan altos valores de cobertura vegetal.



**Figura 4.4-4 Cobertura vegetal promedio de tipos de bofedales frente al promedio general**

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 4.4-9 Cobertura vegetal relativa (%) de tipos de bofedales**

N°	Especies Botánicas	Baaha	Baama	Baahn	Baamn	Baha	Bama	Bahn
1	<i>Aciachne pulvinata</i>	1.07	1.82	1.02	1.23	0.62		
2	<i>Alga filamentosa</i>	1.45		0.71	0.29	0.71		0.71
3	<i>Astragalus sp.</i>	0.24	0.54		0.86			
4	<i>Bacharis sp.</i>	0.36	1.07	0.68	0.57	0.95		0.47
5	<i>Carex aff. microcephalus</i>				0.29	0.95	0.71	0.94
6	<i>Carex cf. pinetorum</i>		0.18		0.14	1.67	6.86	1.18
7	<i>Carex sp.</i>	0.95	0.89	2.82	3.14	3.57	1.43	4.72
8	<i>Castilleja pumilla</i>	0.60	0.18	1.07	0.14	0.24		1.18
9	<i>Cotula mexicana</i>	1.55		0.68	0.29			0.24

PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE

N°	Especies Botánicas	Baaha	Baama	Baahn	Baamn	Baha	Bama	Bahn
10	<i>Deyeuxia aff. antoniana</i>					3.57		3.30
11	<i>Deyeuxia chrysantha</i>	4.07		2.18		0.48		
12	<i>Deyeuxia curvula</i>	0.36	1.07		2.00	1.67		0.94
13	<i>Deyeuxia ovata</i>	1.02	9.39	3.79	3.09	4.52	4.71	9.91
14	<i>Deyeuxia rigescens</i>	0.48		0.34	0.57	0.24		0.47
15	<i>Deyeuxia sp.</i>	0.95	1.18	1.70	0.71	0.48	1.43	0.24
16	<i>Deyeuxia vicunarum</i>		0.71		1.94	0.71		
17	<i>Distichia filamentosa</i>	6.52		1.02				
18	<i>Distichia muscoides</i>	3.10		6.05				3.54
19	<i>Distichlis humilis</i>				0.29	0.71		0.71
<b>20</b>	<b><i>Eleocharis albibracteata</i></b>	<b>3.90</b>	<b>5.18</b>	<b>0.70</b>	<b>7.31</b>	<b>6.10</b>	<b>6.86</b>	<b>4.95</b>
<b>21</b>	<b><i>Festuca dolichophylla</i></b>	<b>6.07</b>	<b>4.96</b>	<b>7.32</b>	<b>13.51</b>	<b>5.38</b>	<b>2.14</b>	<b>1.65</b>
22	<i>Festuca sp.</i>	0.19	0.82	1.05	1.74	2.52		0.24
23	<i>Gentiana sedifolia</i>	0.48	0.71	1.04	0.43		1.43	0.24
24	<i>Gentiana sp.</i>	0.12	0.18					0.24
25	<i>Geranium sessiliflorum</i>	0.24	1.25	0.91	1.29		2.14	0.71
26	<i>Hordeum muticum</i>					0.71	1.43	0.71
27	<i>Hypochoeris sp.</i>	0.48	0.36		0.43		0.71	
28	<i>Hypochoeris taraxacoides</i>			0.36	1.00		2.86	
<b>29</b>	<b><i>Juncus aff. ebracteatus</i></b>			<b>2.31</b>		<b>10.76</b>	<b>15.43</b>	<b>18.40</b>
30	<i>Lachemilla diplophylla</i>	1.67	2.57	2.50	0.71	0.71		0.24
31	<i>Lachemilla pinnata</i>		0.54	0.36	1.43	2.38	3.57	2.83
<b>32</b>	<b><i>Lilaeopsis andina</i></b>	<b>3.50</b>	<b>1.29</b>	<b>5.57</b>	<b>3.66</b>	<b>2.43</b>		
33	<i>Mimulus glabratus</i>				0.14	1.81	1.43	1.18
34	<i>Muhlenbergia sp.</i>				0.14	0.71	0.71	3.30
35	<i>Musgo cf. sciaronium</i>	1.31	0.36	1.58	0.29	1.90		1.89
36	<i>Myriophyllum quitense</i>					1.19	2.14	3.07
37	<i>Nostoc sp.</i>	0.60			0.29	0.24		
38	<i>Oritrophium aff. limnophilum</i>	1.02						
39	<i>Ourisia muscosa</i>	0.24	1.21		0.66			
<b>40</b>	<b><i>Oxychloe andina</i></b>	<b>21.05</b>	<b>5.11</b>	<b>19.18</b>	<b>0.57</b>	<b>0.95</b>		
41	<i>Plantago tubulosa</i>	6.62	11.29	5.43	8.51	5.00	7.57	4.48
42	<i>Poa spicigera</i>	0.71	0.46					
43	<i>Potamogeton filiformis</i>	1.38		0.36	0.51	1.10	3.57	0.47
44	<i>Ranunculus cymbalaria</i>	0.48	0.36	0.90	0.29	1.43	0.71	0.71
45	<i>Ranunculus flagelliformis</i>	0.71	0.36	0.68	0.86	0.71	1.43	0.71
46	<i>Ranunculus podocarpa</i>	0.36	0.54	0.70	0.29	1.19		0.47

PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE

N°	Especies Botánicas	Baaha	Baama	Baahn	Baamn	Baha	Bama	Bahn
47	<i>Ranunculus sp.</i>	0.48	0.57	2.00		1.19	1.43	2.12
48	<i>Ranunculus uniflorus</i>	0.60		1.04	0.29	1.43	0.71	1.42
<b>49</b>	<b><i>Scirpus aff. boliviana</i></b>	<b>1.79</b>	<b>5.14</b>	<b>3.04</b>	<b>6.63</b>	<b>1.19</b>	<b>4.29</b>	<b>2.12</b>
50	<i>Scirpus deserticola</i>	0.83	1.89	2.77	0.57	0.48		
51	<i>Taraxacum officinalis</i>			0.71	0.29	2.29	1.43	1.18
52	<i>Werneria heteroloba</i>	0.83	0.89	4.97	1.80	5.29	5.71	7.78
<b>53</b>	<b><i>Werneria pigmaeae</i></b>	<b>3.05</b>	<b>3.25</b>	<b>4.07</b>	<b>2.71</b>	<b>4.67</b>	<b>5.00</b>	<b>1.65</b>
54	<i>Werneria sphaltulata</i>	4.57	0.57	2.68	2.09	6.86		3.30
55	<i>Zameoscirpus muticus</i>	3.21	0.29	0.34				
	<b>Cobertura vegetal (%)</b>	<b>89.19</b>	<b>67.18</b>	<b>94.64</b>	<b>73.97</b>	<b>91.71</b>	<b>87.86</b>	<b>94.58</b>
1	Afloramiento salino	0.24			0.14			
2	Agua	1.83	2.68	1.00	4.20	1.67		0.71
3	Estiércol	2.93	9.86	1.86	5.89	2.57	5.29	3.77
4	Mantillo vegetal	3.52	9.11	1.00	5.94	2.33	4.14	0.94
5	Piedra	0.17	2.93		3.71	0.33		
6	Suelo desnudo	2.12	8.25	1.50	6.14	1.38	2.71	
	<b>Sin CV (%)</b>	<b>10.81</b>	<b>32.82</b>	<b>5.36</b>	<b>26.03</b>	<b>8.29</b>	<b>12.14</b>	<b>5.42</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>						

Fuente: Elaboración Propia

Complementariamente, la sumatoria de la participación los componentes no biológicos como agua, afloramiento salino, estiércol, mantillo orgánico, suelo desnudo y piedra, en promedio arrojan valores en el orden de 10.81% para el tipo **Baaha**, 32.82% para el tipo **Baama**, 5.36% para el tipo **Baahn**, 26.03% para el tipo **Baamn**, y 8.29% para el tipo **Baha**, 12.14% para el tipo **Bama**, y 5.42% para el tipo **Bahn**. Respecto a afloramiento salino, se debe resaltar que su presencia es esporádico, al igual que piedra; mientras, la presencia de estiércol ocurre en valores bajos excepto en el tipo **Baama** que es elevado en el orden de 9.86%, algo parecido ocurre con el mantillo orgánico. A su vez, la variable suelo desnudo en la mayoría de los tipos es bajo excepto en el tipo **Baama** es elevado en el orden de 8.25%; es tipo de bofedal por estas características es de condición ecológica regular.

Los resultados promedio de composición botánica expresadas al 100% sin tomar en cuenta los componentes abióticos, de cada tipo de bofedal se muestran en la tabla anterior. Al igual que para la variable cobertura vegetal, la variabilidad de estos resultados pueden ser analizados al interior de cada tipo de bofedal y también ser contrastados entre tipos de bofedales.

#### 4.4.2.9 Condición ecológica de los bofedales

La condición ecológica de una pradera nativa (bofedales) se define como “**el estado de salud basado en lo que la pradera es capaz de producir en forma natural**”. Por tanto, la condición ecológica de una pradera nativa está basada en la respuesta ecológica de las plantas al pastoreo, por lo que constituye un indicador del estado de salud de la pradera nativa bajo pastoreo, en otras palabras significa el estado de conservación. Usualmente se expresa en las siguientes categorías: excelente, buena, regular, pobre y muy pobre. El propósito de la determinación de la condición, es obtener una medida aproximada y conocer los cambios que han ocurrido en los componentes abióticos (cobertura vegetal, composición, diversidad, etc.) y abióticos (suelo desnudo, mantillo, etc.), de esta forma proveer de información y bases para predecir la naturaleza y dirección de los cambios en la comunidad vegetal que son esperados por los tratamientos de uso, manejo y otras acciones a los que son sometidas las praderas.

Comparado el puntaje de condición ecológica (figura 4.4-5) por tipo de bofedal para la época de evaluación (final del periodo lluvioso) se detecta diferencias marcadas entre estos, los valores más bajos se dan para los bofedales méxicos de los tipos **Baama** y **Baamn** cuyos puntajes corresponden a una calificación de regular y apenas a buena de condición ecológica. Mientras, los bofedales hidromórficos registran promedios elevados pero no significativos entre ellos en el orden de 75.5% y 79.7%, que son superiores al promedio de bofedales del área del proyecto (72.6%), por tanto se los califica como bofedales de condición ecológica buena. Estos resultados comparados con información promedio de condición ecológica de otros bofedales como del Sistema TDPS-Bolivia son en general elevados; esto significa que los bofedales de las dos cuencas del proyecto actualmente se encuentran en buen estado de conservación.

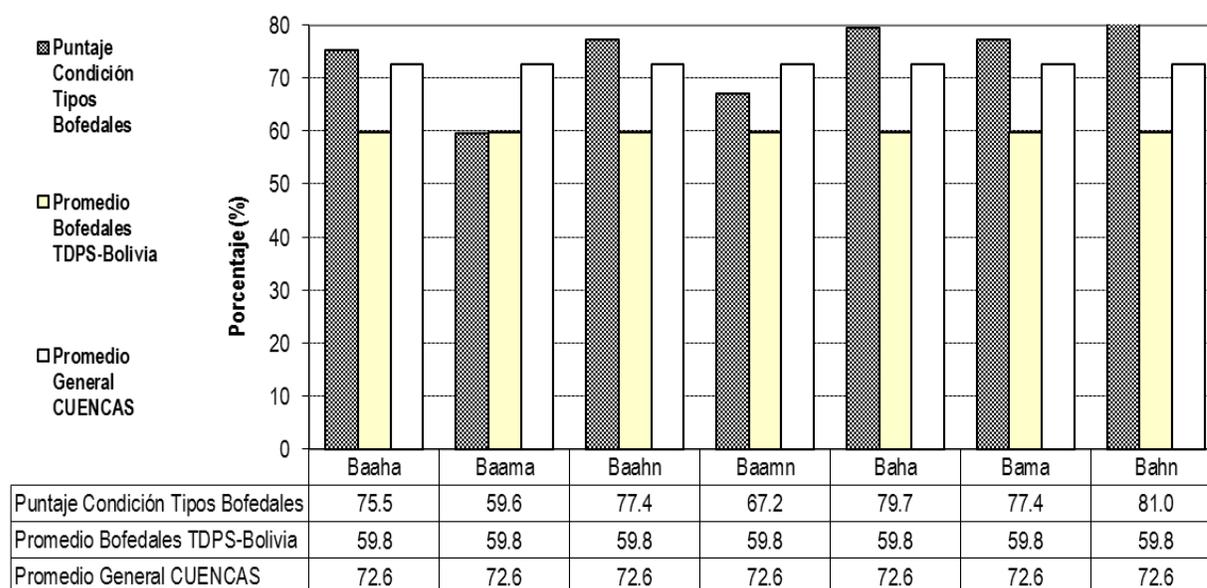


Figura 4.4-5 Condición ecológica de tipos de bofedales

Fuente: Elaboración Propia

### Superficie de bofedales agrupadas por condición ecológica

En el área de estudio del proyecto y basado en los resultados de la tabla 4.4-10; la superficie de los bofedales agrupados por condición ecológica, se tiene que globalmente para todo el área del proyecto, gran parte (92.5%) de los bofedales actualmente se encuentran en condición ecológica “buena”, es decir, en buen estado de conservación, estos se ubican y distribuyen tanto el piso ecológico altoandino como altiplano (tabla 4.4-9). Un 4.4% de la superficie de los bofedales se encuentran en estado “excelente”, los que únicamente se encuentran en el altiplano; y sólo el 3.1% de la superficie de los bofedales se encuentran en estado “regular”, los que se ubican y distribuyen únicamente en el piso ecológico altoandino.

**Tabla 4.4-10 Superficie agrupada de bofedales por condición ecológica en el área de estudio del proyecto**

Tipos de Bofedales	Superficie (ha)	(%)	Condición Ecológica Numeral	Condición Ecológica Literal
Bofedales altiplánicos	539.3	4.4	81.0	Excelente
Bofedales altoandinos y altiplánicos	11416.0	92.5	75.4	Buena
Bofedales altoandinos	384.2	3.1	59.6	Regular
<b>TOTAL</b>	<b>12339.5</b>	<b>100.0</b>		

Fuente: Elaboración Propia

Por los resultados de condición ecológica reportados en el estudio, se concluye que en general y globalmente, los bofedales del área proyecto que pertenecen a los municipios de Pucarani Batallas, actualmente se encuentran en condición ecológica “buena” (92.5% de la superficie), esto significa que se encuentran en buen estado de conservación. Esta situación es aceptable debido a que durante el trabajo de campo se verificó que muchos bofedales muestreados presentaban altos índices cobertura vegetal, composición botánica y mayor diversidad florística de especies decrecientes, y bajos índices de especies acrecentantes, así como bajos valores de componentes abióticos. Asimismo, la utilización (pastoreo y/o sobrepastoreo) de estos ecosistemas es mesurado especialmente en el piso ecológico altoandino, porque la carga animal ejercitada sobre ellos es bajo. Para corroborar y/o contrastar estos resultados, es recomendable realizar un estudio similar en todo el área del proyecto durante la época seca crítica (primavera) de los mismos bofedales que fueron evaluados en la época húmeda (lluvias).

A su vez en el piso ecológico altiplano, a pesar de existir mayor presión de utilización (alta carga animal) por la elevada densidad demográfica, la excesiva parcelación y antropización para fines agrícolas, ganaderos, urbanísticos y otros fines, los bofedales se encuentran igualmente en buen estado de conservación. Esto se debería principalmente, por factores favorables y benignos del clima; suelos profundos, fértiles y de buen drenaje; y la existencia de muchas vertientes naturales de agua de riego propicia que emanan del subsuelo o en su caso permanecen en las capas superficiales del subsuelo que favorecen la persistencia y buena productividad de los bofedales.

En consecuencia, se concluye que los bofedales del piso ecológico altiplánico la mayor amenaza que presentan para su permanencia y buen estado de conservación, son las acciones humanas ejercitadas que en forma permanente y gradual los habilitan para fines

agrícolas, pecuarios, urbanos, etc., que prácticamente están reduciendo en forma irreversible la existencia de estos ecosistemas.

Para proteger, conservar y promover acciones de manejo y aprovechamiento sustentable de estos ecosistemas, lamentablemente no existen políticas de estado a nivel nacional, departamental y municipal, y si existen no existen instancias institucionalizadas para regular, planificar y coordinar su implementación en forma sostenida.

**Tabla 4.4-11 Composición botánica (%) de tipos de bofedales**

N°	Especies Botánicas	Baaha	Baama	Baahn	Baamn	Baha	Bama	Bahn
1	<i>Aciachne pulvinata</i>	1.20	2.71	1.08	1.66	0.67		
2	<i>Alga filamentosa</i>	1.63		0.75	0.39	0.78		0.75
3	<i>Astragalus sp.</i>	0.27	0.80		1.16			
4	<i>Bacharis sp.</i>	0.40	1.59	0.72	0.77	1.04		0.50
5	<i>Carex aff. microcephalus</i>				0.39	1.04	0.81	1.00
6	<i>Carex cf. pinetorum</i>		0.27		0.19	1.82	7.80	1.25
<b>7</b>	<b><i>Carex sp.</i></b>	<b>1.07</b>	<b>1.33</b>	<b>2.98</b>	<b>4.25</b>	<b>3.89</b>	<b>1.63</b>	<b>4.99</b>
8	<i>Castilleja pumilla</i>	0.67	0.27	1.13	0.19	0.26		1.25
9	<i>Cotula mexicana</i>	1.74		0.72	0.39			0.25
10	<i>Deyeuxia aff. antoniana</i>					3.89		3.49
11	<i>Deyeuxia chrysantha</i>	4.56		2.30		0.52		
12	<i>Deyeuxia curvula</i>	0.40	1.59		2.70	1.82		1.00
<b>13</b>	<b><i>Deyeuxia ovata</i></b>	<b>1.15</b>	<b>13.98</b>	<b>4.00</b>	<b>4.17</b>	<b>4.93</b>	<b>5.37</b>	<b>10.47</b>
14	<i>Deyeuxia rigescens</i>	0.53		0.36	0.77	0.26	0.00	0.50
15	<i>Deyeuxia sp.</i>	1.07	1.75	1.80	0.97	0.52	1.63	0.25
16	<i>Deyeuxia vicunarum</i>		1.06		2.63	0.78		
17	<i>Distichia filamentosa</i>	7.31		1.08				
18	<i>Distichia muscoides</i>	3.47		6.40				3.74
19	<i>Distichlis humilis</i>				0.39	0.78		0.75
<b>20</b>	<b><i>Eleocharis albibracteata</i></b>	<b>4.38</b>	<b>7.71</b>	<b>0.74</b>	<b>9.89</b>	<b>6.65</b>	<b>7.80</b>	<b>5.24</b>
<b>21</b>	<b><i>Festuca dolichophylla</i></b>	<b>6.81</b>	<b>7.39</b>	<b>7.74</b>	<b>18.27</b>	<b>5.87</b>	<b>2.44</b>	<b>1.75</b>
22	<i>Festuca sp.</i>	0.21	1.22	1.11	2.36	2.75		0.25
23	<i>Gentiana sedifolia</i>	0.53	1.06	1.10	0.58		1.63	0.25
24	<i>Gentiana sp.</i>	0.13	0.27					0.25
25	<i>Geranium sessiliflorum</i>	0.27	1.86	0.96	1.74		2.44	0.75
26	<i>Hordeum muticum</i>					0.78	1.63	0.75
27	<i>Hypochoeris sp.</i>	0.53	0.53		0.58		0.81	
28	<i>Hypochoeris taraxacoides</i>			0.38	1.35		3.25	
29	<i>Juncus aff. ebracteatus</i>			2.44		11.73	17.56	19.45
<b>30</b>	<b><i>Lachemilla diplophylla</i></b>	<b>1.87</b>	<b>3.83</b>	<b>2.64</b>	<b>0.97</b>	<b>0.78</b>		<b>0.25</b>

PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE

N°	Especies Botánicas	Baaha	Baama	Baahn	Baamn	Baha	Bama	Bahn
31	<i>Lachemilla pinnata</i>	0.00	0.80	0.38	1.93	2.60	4.07	2.99
<b>32</b>	<b><i>Lilaeopsis andina</i></b>	<b>3.92</b>	<b>1.91</b>	<b>5.89</b>	<b>4.94</b>	<b>2.65</b>		
33	<i>Mimulus glabratus</i>				0.19	1.97	1.63	1.25
34	<i>Muhlenbergia sp.</i>				0.19	0.78	0.81	3.49
35	<i>Musgo cf. sciaronium</i>	1.47	0.53	1.67	0.39	2.08		2.00
36	<i>Myriophyllum quitense</i>					1.30	2.44	3.24
37	<i>Nostoc sp.</i>	0.67			0.39	0.26		
38	<i>Oritrophium aff. limnophilum</i>	1.15						
39	<i>Ourisia muscosa</i>	0.27	1.81		0.89			
<b>40</b>	<b><i>Oxychloe andina</i></b>	<b>23.60</b>	<b>7.60</b>	<b>20.27</b>	<b>0.77</b>	<b>1.04</b>		
<b>41</b>	<b><i>Plantago tubulosa</i></b>	<b>7.42</b>	<b>16.80</b>	<b>5.74</b>	<b>11.51</b>	<b>5.45</b>	<b>8.62</b>	<b>4.74</b>
42	<i>Poa spicigera</i>	0.80	0.69					
43	<i>Potamogeton filiformis</i>	1.55		0.38	0.70	1.19	4.07	0.50
44	<i>Ranunculus cymbalaria</i>	0.53	0.53	0.95	0.39	1.56	0.81	0.75
45	<i>Ranunculus flagelliformis</i>	0.80	0.53	0.72	1.16	0.78	1.63	0.75
46	<i>Ranunculus podocarpa</i>	0.40	0.80	0.74	0.39	1.30		0.50
47	<i>Ranunculus sp.</i>	0.53	0.85	2.11		1.30	1.63	2.24
48	<i>Ranunculus uniflorus</i>	0.67		1.10	0.39	1.56	0.81	1.50
<b>49</b>	<b><i>Scirpus aff. boliviana</i></b>	<b>2.00</b>	<b>7.66</b>	<b>3.22</b>	<b>8.96</b>	<b>1.30</b>	<b>4.88</b>	<b>2.24</b>
50	<i>Scirpus deserticola</i>	0.93	2.82	2.93	0.77	0.52		
51	<i>Taraxacum officinalis</i>			0.75	0.39	2.49	1.63	1.25
52	<i>Werneria heteroloba</i>	0.93	1.33	5.25	2.43	5.76	6.50	8.23
<b>53</b>	<b><i>Werneria pigmaeae</i></b>	<b>3.42</b>	<b>4.84</b>	<b>4.30</b>	<b>3.67</b>	<b>5.09</b>	<b>5.69</b>	<b>1.75</b>
<b>54</b>	<b><i>Werneria sphatulata</i></b>	<b>5.13</b>	<b>0.85</b>	<b>2.83</b>	<b>2.82</b>	<b>7.48</b>		<b>3.49</b>
55	<i>Zameoscirpus muticus</i>	3.60	0.43	0.36				
	<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>						

Fuente: Elaboración Propia

Metodológicamente, la condición ecológica de un bofedal o una pradera natural se determina utilizando la información de la cobertura vegetal del sitio o punto de muestreo de campo. La información de la cobertura vegetal del tipo de bofedal determinado o clasificado, se agrupa en forrajeras decrecientes (especies palatables que decrecen por el pastoreo), forrajeras acrecentantes (especies que incrementan por el pastoreo por ser poco palatables), especies tóxicas o indeseables para el ganado, y finalmente se suman las variables abióticas (afloramiento salino, estiércol, mantillo orgánico, piedra, roca, y suelo desnudo); en todos estos cálculos las especies anuales no son tomados en cuenta, por ser efímeras de ciclo anual. A continuación, se calculan cada uno de los 4 índices (Índice de Calidad, Índice Forrajero, Índice del Estado del Suelo, e Índice de Vigor). Finalmente, la suma del puntaje total de los 4 índices se coteja con la tabla de calificación de Condición Ecológica de Flores (1980). En la tabla siguiente, se muestran los resultados

de todo este proceso de cálculos seguidos para determinar la condición ecológica de los bofedales de las cuencas.

**Tabla 4.4-12 Parámetros y/o variables calculados para establecer la condición ecológica de los bofedales**

Variables de Condición Ecológica	TIPOS DE BOFEDALES EN LAS CUENCAS						
	Baaha	Baama	Baahn	Baamn	Baha	Bama	Bahn
Plantas/Especies Decrecientes	55.1	51.0	57.5	61.4	71.4	72.9	73.6
Plantas/Especies Acrecentantes	23.9	9.1	20.9	4.4	4.2		1.4
Plantas/Especies tóxicas/Indeseables	26.9	10.0	23.2	5.8	6.8		4.0
Sumatoria As-E-M-P-SD	10.8	32.8	5.4	26.0	8.3	12.1	5.4
<b>Índice Decrecientes/Calidad (IC)</b>	<b>27.54</b>	<b>25.48</b>	<b>28.74</b>	<b>30.71</b>	<b>35.69</b>	<b>36.43</b>	<b>36.79</b>
<b>Índice Forrajero (IF)</b>	<b>21.16</b>	<b>14.00</b>	<b>20.31</b>	<b>14.32</b>	<b>16.48</b>	<b>14.57</b>	<b>15.80</b>
<b>Índice del Estado de Suelo (IES)</b>	<b>17.84</b>	<b>13.44</b>	<b>18.93</b>	<b>14.79</b>	<b>18.34</b>	<b>17.57</b>	<b>18.92</b>
<b>Índice Vigor (IV)</b>	<b>8.92</b>	<b>6.72</b>	<b>9.46</b>	<b>7.40</b>	<b>9.17</b>	<b>8.79</b>	<b>9.46</b>
<b>Suma Puntaje Numeral Condición Ecológica</b>	<b>75.5</b>	<b>59.6</b>	<b>77.4</b>	<b>67.2</b>	<b>79.7</b>	<b>77.4</b>	<b>81.0</b>
<b>Condición Literal</b>	<b>Buena</b>	<b>Regular</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Buena</b>	<b>Excelente</b>

As=Afloramiento Salino; E=Estiércol; M=Mantillo Orgánico; P=Piedra; SD=Suelo Desnudo.

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 4.4-13 Tabla preestablecida para determinar la condición ecológica de praderas naturales altoandinas.**

Clase de Condición Ecológica	Puntaje Total de la Suma de los Índices
Excelente	81-100
Buena	61-80
Regular	41-60
Pobre	21-40
Muy Pobre	0-20

Fuente: Flores, 1980.

En función de los resultados de la tabla anterior, es posible afirmar que los bofedales del área de estudio del proyecto, actualmente en promedio y de manera general se encuentran en buen estado de conservación; esto significa que en parte no existiría el sobrepastoreo continuo o permanente de estos ecosistemas por la ganadería camélida, vacunos y ovinos; así mismo, la carga animal ejercitada sobre estos ecosistemas sería baja en relación a los bofedales de otras regiones; sin embargo, los bofedales méxicos tanto en piso ecológico Altoandino como Altiplano, registran valores numerales bajos de condición ecológica regular, debido en parte a factores de sobreutilización, falta o ausencia de riego, y suelos poco desarrollados o no aptos para el desarrollo o formación de los bofedales entre otros. El sobrepastoreo continuo, estaría limitando la capacidad de rebrote de la baja cobertura vegetal que poseen los bofedales méxicos; a esta práctica y la ausencia de riegos periódicos, debe sumarse los efectos del cambio climático, cuya

incidencia también está afectando a esta ecoregión subhúmeda del área de estudio el proyecto.

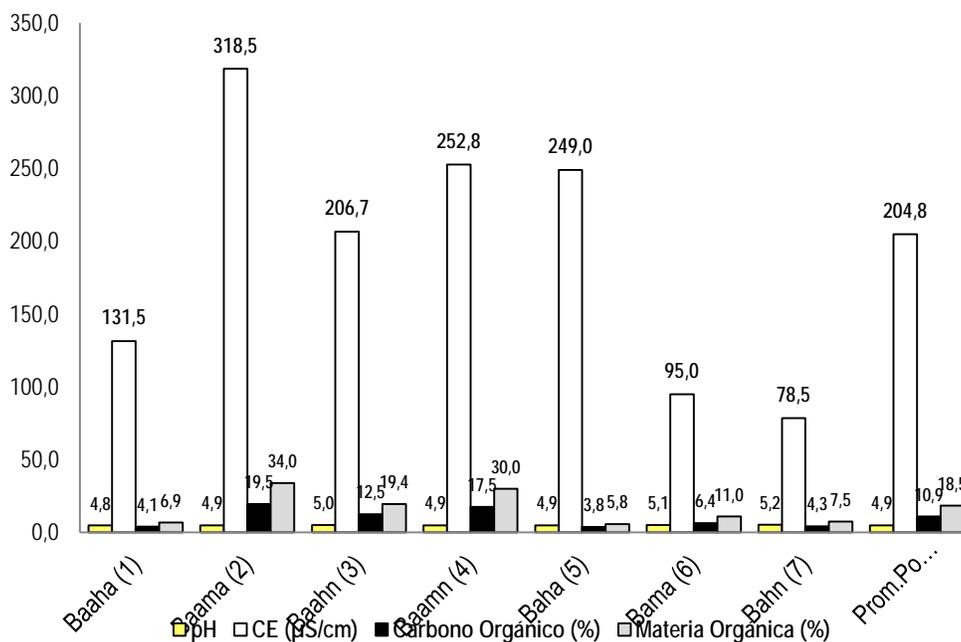
### Características edáficas de tipos de bofedales

En la tabla 4.4-14 y figura 4.4-6, se presenta las características físico-químicas más resaltantes de los suelos de los 7 tipos de bofedales para el área de estudio del proyecto.

**Tabla 4.4-14 Características físico-químicas de los tipos de bofedales del área de estudio del proyecto**

Tipos de Bofedales	pH	CE (µS/cm)	Carbono Orgánico (%)	Materia Orgánica (%)	Arena	Limo	Arcilla	Textura	Observaciones
Baaha (1)	4.8	131.5	4.1	6.9	24.5	29.5	46.5	YL	T-3; T-15
Baama (2)	4.9	318.5	19.5	34.0	38.0	18.0	44.0	YF	T-12; T-14
Baahn (3)	5.0	206.7	12.5	19.4	42.7	25.5	31.9	FY	T-10
Baamn (4)	4.9	252.8	17.5	30.0	43.3	31.0	25.8	FL	T-5; T-7; T-9; T-16
Baha (5)	4.9	249.0	3.8	5.8	52.5	19.5	28.0	FY	T-17; T-19
Bama (6)	5.1	95.0	6.4	11.0	59.0	29.0	12.0	FL	T-23
Bahn (7)	5.2	78.5	4.3	7.5	33.5	41.5	25.0	LF	T-18; T-20
<b>Prom. Ponder.</b>	<b>4.9</b>	<b>204.8</b>	<b>10.9</b>	<b>18.5</b>	<b>40.8</b>	<b>28.2</b>	<b>31.0</b>	<b>FY</b>	
<b>Promedio Gral.</b>	<b>5.0</b>	<b>190.3</b>	<b>9.7</b>	<b>16.4</b>	<b>41.9</b>	<b>27.7</b>	<b>30.5</b>	<b>FY</b>	

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 4.4-6 Características físico-químicas de los tipos de bofedales del área de estudio del proyecto**

Fuente: Elaboración Propia

El promedio ponderado del pH de los suelos de los bofedales es ácido (pH=5.0); este resultado es inferior al pH del agua que riega los bofedales que oscila entre ácido y neutro (6.5 a 7.0). A su vez el promedio de la conductividad eléctrica va en el orden de 204.8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en algunos tipos de bofedales esta variable es superior o inferior independientemente del carácter hidromórfico o méxico, al igual que si son ácidos o neutros.

En contenido de carbono orgánico (CO) expresado en porcentaje, el promedio ponderado es de 10.9%. Se debe aclarar que esta variable fue determinada en el suelo del bofedal y no en el contenido de materia orgánica propiamente que usualmente en los bofedales evaluados se encuentra en las primeras capas superiores. Las muestras de suelos para su análisis fueron obtenidas en el horizonte o capa de suelo ubicado por debajo de la capa de materia orgánica que tradicionalmente se conoce como turba en los bofedales. La literatura refiere que los bofedales en buen estado de conservación no intervenidos presentan altos contenidos de CO frente a los bofedales intervenidos (agricultura y sobrepastoreo) que generalmente reportan bajos valores de CO. Asimismo, otros estudios respaldan este comportamiento afirmando que mientras mejor estado de conservación presenten los bofedales, más eficientes serán los procesos de acumulación y fijación de CO, favoreciendo de esta forma la regulación y mitigación del cambio climático, especialmente en regiones áridas y semiáridas.

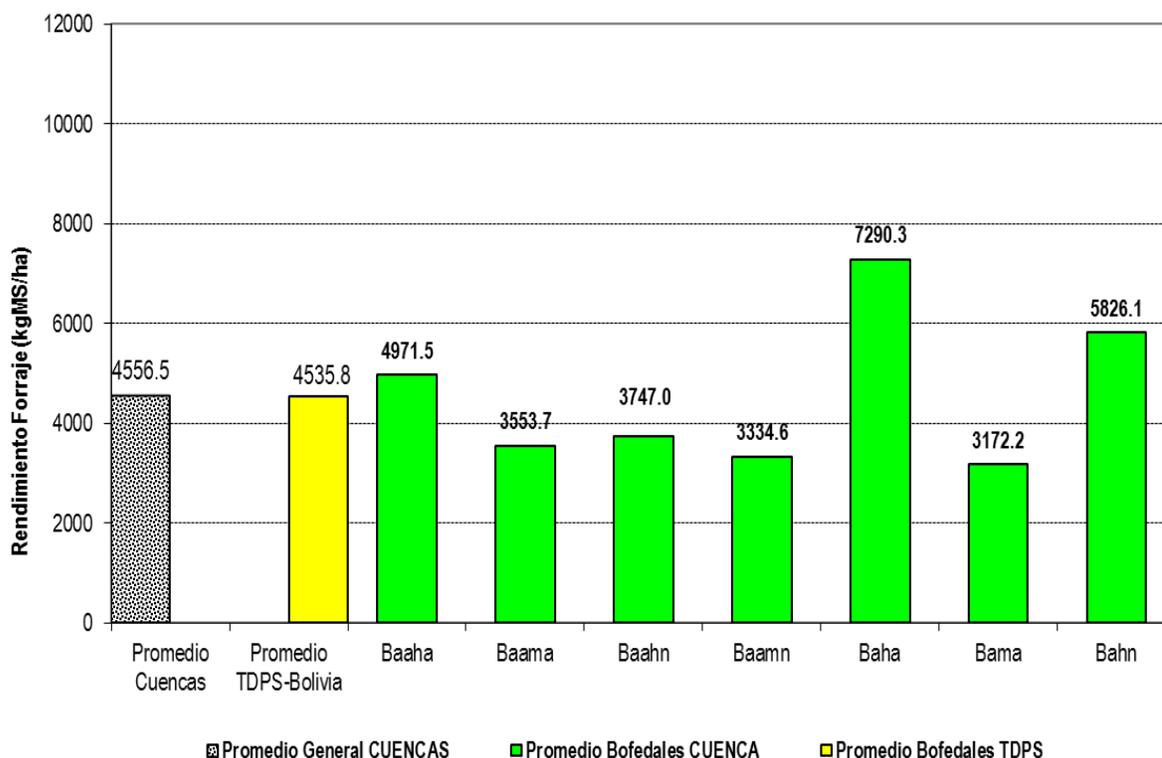
En el caso del presente diagnóstico, se podría aseverar que la mayor parte de los bofedales principalmente los ubicados en el piso altoandino, presentan elevados valores de CO en sus suelos (12.5 a 19.5%), situación que corrobora que los mismos se encuentran actualmente en buen estado de conservación (bofedales de condición ecológica buena); sin embargo, con seguridad si se determina en laboratorio el contenido de CO en la turba de estos bofedales, el contenido de CO se duplica o triplica. Por su parte, los bofedales del piso ecológico altiplánico, presentan en sus suelos contenidos de CO bajos (5.8 a 11.0%), esto debido a que actualmente se encuentran más intervenidos por varias actividades humanas (agricultura, pasturas, sobrepastoreo, infraestructura urbana, etc.).

El contenido de materia orgánica (MO) de los suelos de los bofedales presenta un comportamiento muy similar al contenido de CO. Esto significa que el contenido CO es directamente proporcional al contenido de MO (Tabla 4.4-14). En promedio, la textura de los suelos de los bofedales es franco limoso (FY); sin embargo, a nivel de tipos de bofedales, la textura es variable, por ejemplo en los suelos del altoandino en contenido de arcilla es predominante, frente a los del altiplano donde prima lo franco (arena).

#### 4.4.2.10 Rendimiento de fitomasa forrajera por tipos de bofedales

Los bofedales clasificados como altoandinos hidromórficos ácidos (**Baaha**), altiplánicos hidromórficos ácidos (**Baha**), y altiplánicos hidromórficos neutros (**Bahn**), reportan diferencias significativas en rendimiento de fitomasa forrajera según el tipo de bofedal y las especies vegetales dominantes que albergan. Así, en estos tres tipos de bofedales resaltan como dominantes las especies *Festuca dolichophylla* (chillahua), *Deyeuxia chrysantha* (sora), y *Juncus aff. ebracteatus* entre otros. En general, los bofedales hidromórficos reportan mayores rendimientos de forraje que los méxicos; a su vez, los bofedales Altiplánicos por el clima más benigno y suelos profundos y fértiles reportan mayores rendimientos que los bofedales Altoandinos. Por otra parte, los bofedales de mayores rendimientos, poseen mayor cobertura vegetal, consecuentemente poseen

mayor diversidad florística e índices bajos de las variables abióticas; esto en relación a los bofedales méxicos que poseen altos índices de las variables abióticas y consecuentemente reportan bajos rendimientos de forraje. Estas diferencias se ilustran en la Figura 4.4-7, donde el rendimiento promedio de las cuencas, es ligeramente superior a los bofedales del sistema TDPS-Bolivia (Sistema Titicaca, Desaguadero, Poopo y Salar de Coipasa).



**Figura 4.4-7 Rendimiento de fitomasa forrajera en kgMS/ha de tipos de bofedales**

Fuente: Elaboración Propia

El rendimiento promedio total más bajo ha sido medido para los bofedales del tipo **Bama** (3172.2 kgMS/ha), esto se debe a que es méxico con baja diversidad florística. Otro bofedal con bajo rendimiento es el tipo **Baamn** (3334.6 kgMS/Ha) que también es méxico neutro aunque en su composición botánica predominan las gramíneas herbáceas de estrato alto *Festuca dolichophylla* (chillahua) y *Deyeuxia curvula* (porke), pero la frecuencia de las mismas es baja. A su vez los bofedales hidromórficos de los tipos **Baama** y **Baahn** reportan rendimientos relativamente bajos frente a los restantes en el orden de 3553.7 y 3747.0 kgMS/Ha respectivamente.

Comparados los rendimientos de forraje del área de estudio del proyecto frente al promedio de los bofedales del Sistema TDPS-Bolivia, se observa que en promedio son ligeramente superiores. A nivel individual, tres tipos de bofedales son muy superiores (**Baaha**, **Baha** y **Bahn**), y el resto de los tipos de bofedales reportan rendimientos de forraje inferiores al promedio del TDPS-Bolivia.

**Tabla 4.4-15 Rendimientos promedio de fitomasa forrajera de tipos de bofedales Altoandinos y Altiplánicos del Sistema TDPS-Bolivia.**

<b>BOFEDALES ALTOANDINOS</b>			
<b>Tipos de bofedales</b>	<b>kgMS/ha Actual (*)</b>	<b>% Utilización Actual</b>	<b>kgMS/ha Real (*)</b>
Hidromórficos Ácidos	4522.3	25.8	6026.7
Hidromórficos Neutros	4828.5	30.8	6860.7
Mésicos Ácidos	3466.5	33.3	5245.9
Mésicos Neutros	2410.2	25.0	3213.6
Mésicos Alcalinos	658.3	45.0	1196.8
<b>Promedio Altoandinos</b>	<b>3177.2</b>	<b>32.0</b>	<b>4508.8</b>
<b>BOFEDALES ALTIPLANICOS</b>			
Hidromórficos Ácidos	4434.0	29.5	6145.4
Hidromórficos Neutros	3312.3	26.7	4426.1
Hidromórficos Alcalinos	3800.5	36.2	5814.3
Mésicos Neutros	1039.4	50.0	2078.8
Mésicos Alcalinos	2855.7	36.4	4349.3
<b>Promedio Altiplánicos</b>	<b>3088.4</b>	<b>35.8</b>	<b>4562.8</b>
<b>PROMEDIO GENERAL TDPS-Bolivia</b>	<b>3132.8</b>	<b>33.9</b>	<b>4535.8</b>

(\*) Rendimiento actual se refiere al medido en campo, el cual una vez ajustado por el porcentaje de utilización estimado visualmente en campo, se convierte en rendimiento real.

Fuente: Alzérreca et al., 2001.

#### **4.4.2.11 Capacidad de carga por disponibilidad de forraje para Unidades Llama (ULL)**

Inicialmente es necesario resaltar las diferencias de dos términos que habitualmente algunos técnicos y ganaderos confunden, y/o que ambos términos se utilizan indistintamente como sinónimos. Estos son la capacidad de carga de una pradera nativa o una pradera cultivada (como por ejemplo con alfalfa u otras especies), y la carga animal.

Conceptualmente, la “**capacidad de carga**” se refiere al número máximo y racional de Unidades Animal Hembra Adulta que pueden pastorear una pradera durante un tiempo dado, sin causar daños a su vegetación y sus recursos naturales relacionados; esta capacidad de carga puede variar de mes en mes o año a año, para una misma pradera debido a las fluctuaciones en su producción de forraje.

Por su parte, la “**carga animal**” se refiere al número real total de animales existentes en un hato o rebaño pero expresado en Unidades Animal Hembra Adulta (unidades llama, unidades alpaca, unidades vacuno, unidades cabra, unidades vicuña, etc.). Para estimar y establecer la carga animal para una familia (ganadero), zona, comunidad, etc.; es necesario realizar un censo ganadero, cuantificando cada especie animal considerando su estructura (por ejemplo en llamas, machos y hembras adultas, llamas jóvenes y crías), asimismo de cada categoría se debe obtener sus pesos vivos promedio, posteriormente,

todas las categorías utilizando sus pesos vivos y el índice del requerimiento de forraje basado en su peso vivo (índices de expresan en Unidades Animal Hembra Adulta).

Por tanto, la capacidad de carga estimada para una unidad de recurso forrajero (alfalfar, bofedal o chillihuar), es la que se recomienda pastorear en su equivalente de carga animal, si un bofedal posee una capacidad de carga de 8 unidades llama/ha, su carga animal recomendada para el pastoreo será también de 8 unidades llama. Sin embargo, en la práctica y lo real es que siempre la carga animal excede a la capacidad de carga. En consecuencia, para los fines del presente estudio y proyecto, se presentan los resultados de capacidad de carga estimada en base al rendimiento y disponibilidad del forraje de los bofedales.

La capacidad de carga determinada por disponibilidad de forraje para los diferentes tipos de bofedales se muestra en la Figura 4.4-8. Para este cálculo se consideró el peso vivo promedio de una unidad llama hembra (ULL) de 65.0 kg cuyo requerimiento de forraje al 2.5% de peso vivo es de 593.13 kgMS/año. Los resultados varían según el rendimiento de forraje y son directamente proporcionales, donde los tipos de bofedales con mayor rendimiento de forraje reportan mayor capacidad de carga, mientras, los bofedales con menor rendimiento registran menor capacidad de carga. El promedio de capacidad de carga de los bofedales para el área de estudio del proyecto es de 7.7 ULL/ha.

A nivel de tipos de bofedales, el tipo **Baaha** en el Altandino registra una capacidad de carga elevada de 8.4 ULL/ha/año respecto a los otros tres tipos del mismo piso ecológico; asimismo, es superior respecto al promedio general del área de estudio del proyecto; esto porque este tipo de bofedal posee un elevado rendimiento de forraje principalmente por la especie *Festuca dolichophylla* y otras especies que son de elevada productividad durante casi todo el año, aunque su aprovechamiento actualmente no es apropiado.

A su vez, en el piso Altiplano destacan los tipos **Baha** y **Bahn** que reportan capacidades de carga muy superiores al resto de los tipos e incluso al promedio general del área del proyecto y el TDPS-Bolivia de 12.3 y 9.8 ULL/ha/año respectivamente. En cambio, el tipo **Bama** ubicado en el Altiplano que es más bajo reporta la más baja capacidad de carga de 5.3 ULL/ha, esto porque posee bajo rendimiento de forraje y sus características bióticas y abióticas presentan índices malos y/o bajos en relación a los otros tipos de bofedales.

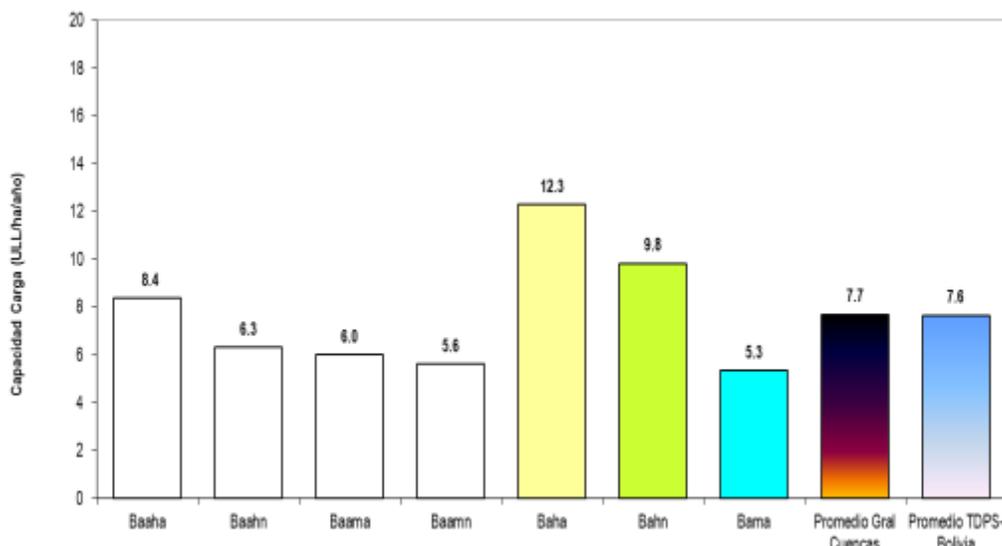


Figura 4.4-8 Capacidad de carga por disponibilidad de forraje de tipos de bofedales

Fuente: Elaboración Propia

En promedio general contrastado con el promedio general de los bofedales del Sistema TDPS-Bolivia, es ligeramente superior, esto porque los bofedales del área de estudio actualmente en general se encuentran en buen estado de conservación; sin embargo, los promedios de los bofedales del Sistema TDPS-Bolivia están calculados para Unidades Alpaca, información que debe ser ajustado para Unidades Llama y luego recién realizar las comparaciones correspondientes.

Tabla 4.4-16 (a) Capacidad de carga por forraje disponible de tipos de bofedales del sistema TDPS-Bolivia

Tipos de Bofedales	Rendimiento Fitomasa (kgMS/ha) *	Rendimiento Forraje Disponible (kgMS/ha) **IP	Capacidad Carga Promedio (UAL/ha/año)	Capacidad Carga Máxima (UAL/ha/año)	Capacidad Carga Mínima (UAL/ha/año)
<b>BOFEDALES ALTOANDINOS</b>					
Altoandino hidromórfico ácido	5618.8	2772.7	6.4	22.4	1.8
Altoandino hidromórfico neutro	6220.7	3472.6	8.1	11.4	4.0
Altoandino méxico ácido	5264.5	2434.2	5.7	7.0	4.8
Altoandino méxico neutro	3012.8	1724.8	4.0		
Altoandino méxico alcalino	954.5	603.5	1.4		
<b>Promedio</b>	<b>5522.4</b>	<b>2772</b>	<b>6.4</b>	<b>22.4</b>	<b>1.4</b>
<b>BOFEDALES ALTIPLANICOS</b>					
Altiplánico hidromórfico ácido	5624.2	3391.7	7.9	13.1	3.4
Altiplánico hidromórfico neutro	4127.2	1961.7	4.6	5.6	3.0
Altiplánico hidromórfico alcalino	5065.4	2246.8	5.2	10.8	0.4
Altiplánico méxico neutro	1559.1	727.1	1.7		

Tipos de Bofedales	Rendimiento Fitomasa (kgMS/ha) *	Rendimiento Forraje Disponible (kgMS/ha) **IP	Capacidad Carga Promedio (UAL/ha/año)	Capacidad Carga Máxima (UAL/ha/año)	Capacidad Carga Mínima (UAL/ha/año)
Altiplánico méxico alcalino	3397.4	1641.2	3.8	6.8	0.9
<b>Promedio</b>	<b>4761.6</b>	<b>2400.1</b>	<b>5.6</b>	<b>13.1</b>	<b>0.4</b>
<b>Promedio General</b>	<b>5185.2</b>	<b>2607.2</b>	<b>6.1</b>	<b>22.4</b>	<b>0.4</b>

\*y\*\* respectivamente resultados ajustados por índice de utilización (IU) e índice de palatabilidad (IP).

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Alzérreca et al., 2001.

### Capacidad de carga estimada para otras especies de ganado

En base a los rendimientos de forraje de la Figura 4.4-7, se estimó la capacidad de carga para cada tipo de bofedal y para diferentes especies de ganado, tal como muestran los resultados de la Tabla 4.4-16 (b). Para lo cual, se utilizaron los pesos vivos (peso metabólico promedio) de cada especie animal y el porcentaje o índice de requerimiento de forraje año en relación del peso vivo, sugerido por Alzérreca et al. (2002).

**Tabla 4.4-16 (b) Capacidad de carga de tipos de bofedales para varias especies de Unidades Animal**

Variables y Tipos de Bofedales	Unidades Vacuno Criollo (UVC)	Unidades Vacuno Mestizo (UVM)	Unidades Ovino Criollo (UOC)	Unidades Ovino Mestizo (UOM)	Unidades Alpaca (UAL)	Unidades Vicuña (UVI)
Peso Vivo Promedio Estimado (kg)	350	400	30	35	48	45
Índice de Demanda Forraje de Peso Vivo (%)	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5
Demanda de Forraje (kgMS/UA/Año)	3832.5	4380.0	328.5	383.3	438.0	410.6
Bofedal Baaha (Unidades Animal/ha/año)	1.30	1.14	15.13	12.97	11.35	12.11
Bofedal Baahn (Unidades Animal/ha/año)	0.98	0.86	11.41	9.78	8.55	9.13
Bofedal Baama (Unidades Animal/ha/año)	0.93	0.81	10.82	9.27	8.11	8.65
Bofedal Baamn (Unidades Animal/ha/año)	0.87	0.76	10.15	8.70	7.61	8.12
Bofedal Baha (Unidades Animal/ha/año)	1.90	1.66	22.19	19.02	16.64	17.75
Bofedal Bahn (Unidades Animal/ha/año)	1.52	1.33	17.74	15.20	13.30	14.19
Bofedal Bama (Unidades Animal/ha/año)	0.83	0.72	9.66	8.28	7.24	7.73

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa, los resultados de capacidad de carga del **cuadro Y** son variables en función de la cantidad del rendimiento de forraje de cada tipo de bofedal, del tipo de especie animal y su requerimiento de forraje año basado en su peso vivo. Asimismo, se debe resaltar que la determinación de capacidad de carga para los bovinos sean criollos o mestizos es un mero cálculo ya que en la práctica los bovinos no pueden pastorear los bofedales porque éstos poseen vegetación de estrato bajo tipo césped que prácticamente es muy difícil que sean cogidas con la lengua de los vacunos, porque éstos tienen el hábito natural de consumo más de herbáceas de estrato alto que vegetación cespitosa tipo césped (bofedales). Sin embargo, en algunos bofedales méxicos sobre todo del piso ecológico Altiplano, es posible encontrar en forma significativa y con buen desarrollo la presencia de la **Festuca dolichophylla**, otras gramíneas, ciperáceas y graminoides que permiten el pastoreo de vacunos por periodos cortos.

Los bofedales más productivos en general son los que mayor capacidad de carga reportan, por ejemplo los bofedales tipo **Baha** reportan los más altos valores de capacidad de carga de 1.9 UVC/ha (vacunos criollos) y 1.66 UVM/ha (vacunos mestizos); 22.19 UOC/ha (oivino criollo) y 19.02 UOM/ha (ovino mestizo); 16.64 UAL/ha (unidades alpaca) y 17.75 UVI (unidades vicuña). A su vez, los bofedales del tipo **Bama** son los que menores valores de capacidad de carga reportan en relación a los más productivos, tal como se pueden analizar los resultados del cuadro.

#### 4.4.2.12 Principales problemas y amenazas de los bofedales

De acuerdo a los resultados del diagnóstico de los bofedales, éstos presentan los siguientes problemas y amenazas, que afectarían su existencia y conservación:

- ✓ En el piso ecológico altiplánico sobre todo, desde muchos años atrás al presente en forma constante y gradual, muchos bofedales se han perdido o alterado como consecuencia principalmente de actividades humanas consistentes en el drenaje y captación de agua de los bofedales para el riego, la urbanización no planificada sobre bofedales, construcción de infraestructura de varios tipos (corrales, heniles, campos deportivos, etc.), la habilitación de bofedales para cultivos agrícolas y pasturas, construcción de caminos secundarios, la contaminación con desechos sólidos y otras formas de intervención en el sistema ecológico e hidrológico de los bofedales.
- ✓ La alta densidad demográfica principalmente en el piso ecológico altiplánico de los municipios de Pucarani y Batallas donde existen bofedales; ha provocado que las tierras sean excesivamente parceladas hasta unos cuantos metros cuadrados, entre estas están los bofedales. Esta situación dificulta que se puedan generar e implementar políticas y programas de manejo y utilización sustentable de los bofedales.
- ✓ A la tenencia y acceso a los bofedales que es enteramente privada unifamiliar y/o de familias extendidas; se suma la excesiva carga animal ejercitada sobre los mismos, situación que se traduce en un continuo sobrepastoreo con vacunos criollos y mestizados, ovinos y equinos.
- ✓ La sobrecarga y el sobrepastoreo de los bofedales estarían afectando integralmente en la reproducción sexual y asexual de muchas especies, debido a que la mayoría de las plantas generalmente no se desarrollan satisfactoriamente hasta completar sus fases fenológicas, consecuentemente, se afecta negativamente en la persistencia y la productividad, e incluso ocurre la disminución y/o desaparición de germoplasma de alto valor forrajero y biológico para la fauna silvestre y la ecología de la zona y la región. A esta situación se debe sumar los efectos agudos del cambio climático.
- ✓ El recurso agua superficial y subterráneo, no son utilizados en forma eficiente para el riego de los bofedales, el riego de cultivos agrícolas, consumo animal y agua potable. En los cultivos agrícolas y las pasturas por ejemplo aún se utilizan los métodos de inundación o gravedad, lo correcto sería utilizar métodos más modernos y eficientes (aspersión). Asimismo, para un buen manejo de los bofedales, no existe una organización ni el mantenimiento periódico de los

sistemas e infraestructuras de riego existentes. Durante la época de lluvias la abundante agua disponible proveniente de las cordilleras no se aprovecha en favor del riego de los bofedales. En el altoandino igualmente durante la época de lluvias los bofedales no son regados, especialmente los méxicos.

- ✓ En general, en la zona altiplánica como altoandina, las prácticas ancestrales sustentables en el manejo de bofedales, el riego oportuno y eficiente, y el manejo del ganado y las buenas prácticas agrícolas; han sido abandonadas, perdiéndose así muchos conocimientos y saberes locales. Por ejemplo, la gente inclusive adulta ya no conoce la biodiversidad (flora y fauna) que existe en su comunidad. Ante esta situación, es necesario rescatar, revalorizar y promover el uso de las tecnologías y los conocimientos y saberes ancestrales, en favor de los procesos de protección, recuperación, conservación y uso sustentable no solo de los bofedales, sino integralmente de la biodiversidad en general y el cuidado del medio ambiente de la zona y la región.

#### 4.4.2.13 Resumen de resultados

- ✓ Los resultados presentados en el presente informe constituyen una contribución y avance importante para conocer el estado actual de conservación y sus características de los bofedales en el área de estudio del proyecto y zonas aledañas de similares características, así en base a ellos (resultados) es posible realizar propuestas reales y viables para su protección, conservación, mejora, recuperación y promover su aprovechamiento sustentable.
- ✓ Se identificaron y clasificaron 7 tipos de bofedales para el área de estudio del proyecto: Bofedales altoandinos hidromórficos ácidos (**Baaha**), Bofedales altoandinos hidromórficos neutros (**Baahn**), Bofedales altoandinos méxicos ácidos (**Baama**), Bofedales altoandinos méxicos neutros (**Baamn**), Bofedales altiplánicos hidromórficos ácidos (**Baha**), Bofedales altiplánicos neutros (**Bahn**), y Bofedales altiplánicos méxicos ácidos (**Bama**).
- ✓ La superficie total de bofedales de los 7 tipos identificados suma 12,339.5 ha. De este total 2,948.3 hectáreas de bofedales corresponden al piso ecológico altoandino que equivalen al 23.9%; mientras, en el piso ecológico altiplánico los bofedales totalizan a 9,391.2 hectáreas que equivalen al 76.1%. El número total de bofedales (polígonos) alcanza a 1188.
- ✓ Por régimen hídrico, se han identificado dos categorías de bofedales, los hidromórficos y los méxicos. Esta categorización asociada al pH del suelo dio lugar a la existencia de los 7 tipos de bofedales tanto en el piso ecológico Altoandino como el Altiplano.
- ✓ Agrupados por condición ecológica, se identificaron 3 categorías para las cuencas del proyecto: Excelentes, Buenos y Regulares; no existiendo los bofedales de la categoría Pobres y Muy Pobres.
- ✓ Por pH del suelo, los tipos de bofedales existentes son los Ácidos y Neutros; no existiendo los Bofedales Alcalinos. Esto porque en general la mayoría de los bofedales existentes en los flancos orientales y occidentales y sus estribaciones de la Cordillera Oriental, generalmente son de carácter ácido, porque los recursos hídricos existentes y que riegan a estos, son ácidos y a lo mucho en algunos casos son neutros.
- ✓ En general, los bofedales de las dos cuencas del proyecto, albergan a un total de 55 especies botánicas distribuidas en 17 familias distintas, entres éstas prevalecen las

Gramineae, Compositae y Ciperaceae. En formas de vida, de las 55 especies botánicas, 38 especies son plurianuales equivalentes al 69.1% y las restantes 17 especies son anuales (30.9%).

- ✓ El rendimiento de fitomasa forrajera de los bofedales alcanza a 4556.5 kgMS/Ha, ligeramente superior al promedio del Sistema TDPS-Bolivia (4535.8 kgMS/Ha). El bofedal tipo **Baaha** para el Altoandino reporta el más alto rendimiento (4971.5 kgMS/Ha), para el Altiplano el bofedal tipo **Baha** registra el más alto rendimiento (7290.3 kgMS/Ha), y el más bajo rendimiento se registra para el tipo **Bama** (3172.2 kgMS/Ha).
- ✓ En características hídricas y edáficas, diversidad florística, cobertura vegetal, composición botánica, condición ecológica y rendimientos de fitomasa forrajera cada uno de los 7 tipos de bofedales identificados y clasificados para el área de estudio, registran resultados variables que particularizan a cada uno, en función de su ubicación y naturaleza inherente.
- ✓ El promedio de capacidad de carga de los bofedales del área de estudio del proyecto es de 7.7 ULL/Ha, resultado ligeramente superior al promedio del Sistema TDPS-Bolivia (7.6 ULL/Ha). Asimismo, la capacidad de carga determinada por disponibilidad de forraje es directamente proporcional al rendimiento de la fitomasa forrajera de cada uno de los tipos de bofedal. En consecuencia, los bofedales con altos rendimientos reportan altas capacidades de carga frente a los bofedales con bajos rendimientos de forraje.
- ✓ La capacidad de carga estimada para otras especies de ganado (vacunos criollos, vacunos mestizos, ovinos criollo y mestizos, alpacas y vicuñas), difiere en función de la cantidad de rendimiento de forraje de cada tipo de bofedal. Los bofedales que mayor capacidad de carga reportan son los del tipo **Baha** (bofedales altiplánicos hidromórficos ácidos) por su alto rendimiento de forraje, en relación a los del tipo **Bama** (bofedales altiplánicos méxicos ácidos) que poseen los más bajos rendimientos de forraje.
- ✓ El problema y la amenaza que los bofedales estarían sufriendo actualmente en el área del proyecto, son la transformación continua y gradual para el uso de cultivos agrícolas, cultivos de pasturas, uso para construcción de viviendas y otra infraestructura. Consecuentemente, la existencia y superficie de los bofedales cada vez es menor en forma irreversible. Todo esto a su vez, se debería por la alta densidad demográfica asentada en el piso ecológico del altiplano de los municipios de Pucarani y Batallas, en los cuales aún existen bofedales.

#### 4.4.3 Vegetación en el área de influencia del ducto de agua potable El Alto

El área de influencia del ducto (Mapa 9.3) se encuentra entre alturas que varían desde los 3980 msnm hasta los 4180 msnm., ocupando los pisos puneño y altoandino; que forman parte de la ecoregión Puna Húmeda. Se caracteriza por presentar pronunciadas pedientes y en algunos sectores con rocas de cortes abruptos.

El clima de este sector es frío, con vientos que pueden llegar incluso a los 100 km/h. Una característica del sector es que se presenta una estratificación del clima y variaciones de las condiciones microclimáticas de los diferentes elementos del paisaje, de acuerdo a las condiciones fisiográficas y hábitas que se forman. Según el relieve y la cobertura vegetal se diferencian, tres unidades:

##### ✓ Pajonales Altoandinos sobre suelos pedregosos

Son sectores con pendientes moderadas; fisonómicamente se observan pastizales abiertos con rocas que alcanzan coberturas desde cero hasta 60%. Suelo desnudo desde cero hasta 45% en los sitios donde no hay rocas existe suelo desnudo y la cobertura vegetal varía desde 25 hasta 83%. Esta comunidad se divide en dos grupos, el primero se caracteriza por ser un pastizal abierto con rocas en laderas y algunas planicies, y el segundo grupo se encuentra en roquedales solo en laderas.

El primer grupo está conformado por: *Stipa* sp., que forma pequeñas matas de cumulos y hojas enrolladas, cilíndricas como la *Festuca* sp. *Calamagrostis* sp. y el arbusto rastrero *Baccharis alpina*. En algunos sectores húmedos aledaños a piedras grandes o rocas también se pueden encontrar algunos especímenes de líquenes como la *Thamnolia vermicularis*; otro menos frecuente, mas bien raro es el líquen blanco-grisáceo *Cora pavonis*, con la forma de una oreja plegada, que se encuentra sobre el suelo. También de presencia rara pero atractivos a la vista, en lugares húmedos al lado de rocas y vegetación de gramíneas exuberante, se encuentran algunos líquenes de color amarillo del género *Parmelia*.

En el segundo grupo, donde las pendientes de las laderas se incrementan hasta 45 °; la vegetación está dominada por matas aisladas de gramíneas *Calamagrostis* sp y *Poa chamaeclinos* fc. Esporádicamente se ven algunos arbustos pequeños de *Senecio rufescens*.

En algunos sectores de estas áreas el suelo es arenoso y en otras se observa arena y rocas. Aquí se ha dado el proceso de desertización por el clima severo de la región y probablemente por el uso excesivo del suelo (ganadería de camélidos), dando como resultado la disminución de la cobertura vegetal, de la productividad y de los nutrientes.

##### ✓ Pajonales altoandinos de la Puna Humeda

Es la vegetación característica de la zona y la que tiene mayor representatividad en el área de influencia del ducto. La vegetación es más densa, coberturas superiores al 60 %; predominantemente está cubierta por gramíneas del género *Calamagrostis*, *Festuca*, *Bromus*, *Stipa* y *Poa*; algunas de ellas dispuestas en macollos. En lugares con mayor exposición al sol y donde la topografía permite refugiarse de los fuertes vientos, también

se encuentran arbustos aunque en muy pocos ejemplares la “thola” (*Baccharis incarum*) y otras como *Senecio*, *Adesmia miraflorensis*, *Tetraglochin cristatum* y *Ephedra rupestris*. En áreas más húmedas representando al estrato herbáceo esta la especie localmente llamada “sillu sillu” (*Lachemilla* sp.). También se ha observado adheridas a las rocas algunos ejemplares de *Azorella biloba* (pariente de la yereta), aunque esta es menos resinosa.

En las planicies que tienen suelos con baja capacidad de retención de agua predomina la *Festuca dolichophylla*. Esta comunidad vegetal se caracteriza por la presencia de gramíneas altas, favorables para la conservación del suelo y para el ciclo de los nutrientes porque acumulan restos vegetales y materia orgánica en la base de las plantas. Además actúan como cortinas rompeviento y forman un microclima en el entorno favorable para la presencia de otras especies de flora y fauna.

#### ✓ **Vegetación acuática – azonal**

Es una vegetación condicionada directa ó indirectamente por una acumulación de agua en el suelo. Se encuentra en lugares con depresión donde hay acumulación de humedad o con suelos mal drenados. En el área de estudio (ducto) encontramos a la vegetación de los bordes de ríos, manantiales y otros. Se diferencia de la comunidad bofedal; la cual también se presenta en el presente Diagnóstico. La característica es que presenatn suelos anegados, por lo tanto está influenciada por la acumulación de agua permanente. Bajo estas condiciones se han encontrado varias especies como: *Deyeuxia rigescens*, que es una de las pocas especies emergentes, alcanza hasta 15 centímetros; *Juncus stipulatus* y *Scirpus deserticola* que junto con *Plantago tubulosa* forman tapices que son la base de los bofedales. Otras especies que también sobreviven al periodo invernal identificadas en la zona de estudio son: *Aristida* sp, *Calamagrostis* sp, *Adesmia* sp. *Satureja boliviana* y *Stipa* spp entre otras.

La mayor parte de las plantas de la Puna son anuales, y la época de realización de la evaluación (septiembre) no es apropiada, porque la mayoría de las plantas se encontraba en estado estéril. Muy pocas se encontraban en flor o inflorescencia y varias en forma seca. Solo dos fueron encontradas en fruto y en flor y fruto, algunas que se encontraban cerca a ambientes acuáticos. Por lo tanto, para el seguimiento de la estacionalidad de las comunidades vegetales; es importante realizar los estudio por lo menos 4 veces, durante épocas de lluvias y antes de comenzar el periodo seco.

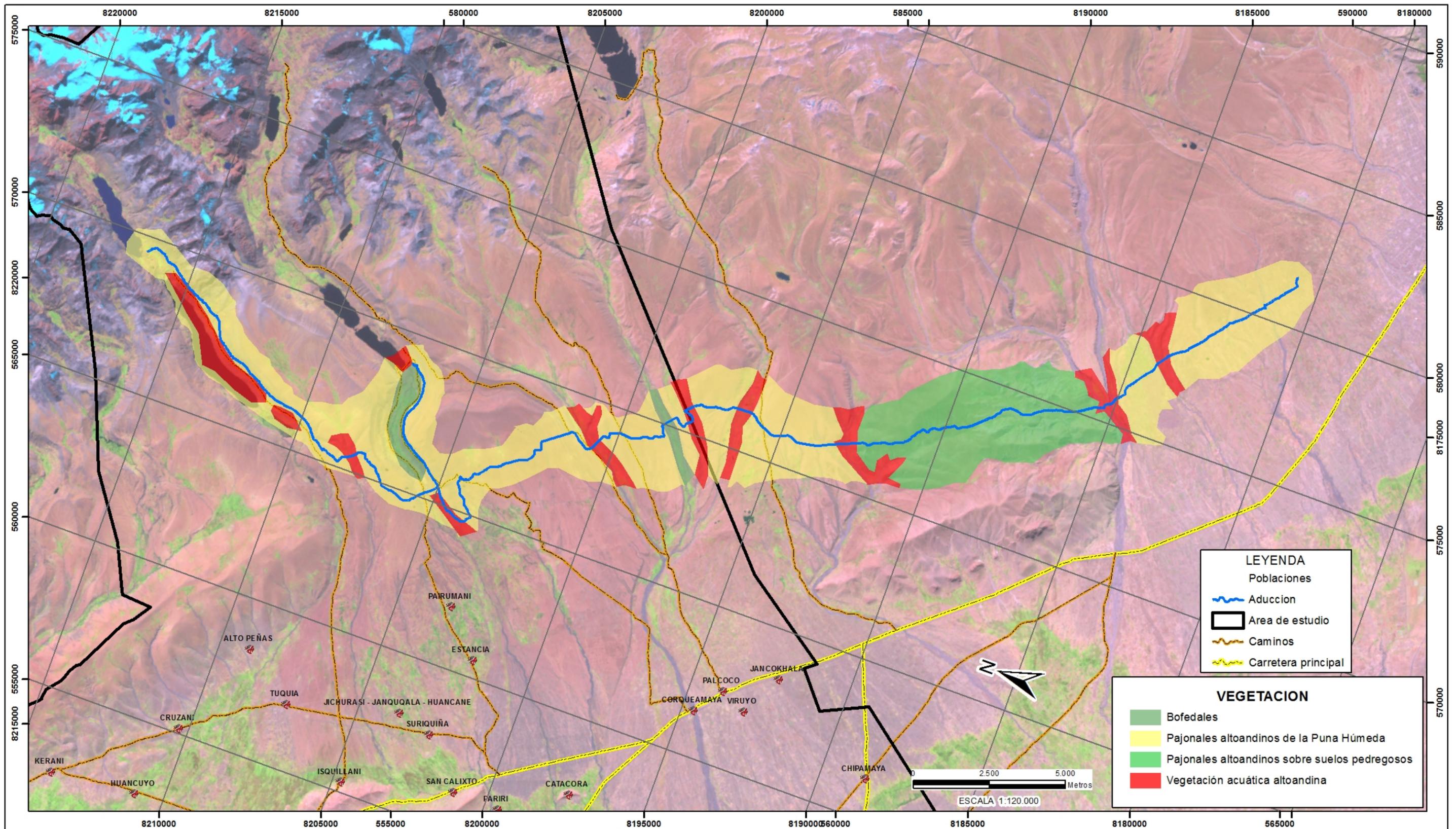
Estos lugares están sujetos a quemadas frecuentes. Los campesinos intentan mejorar el forraje para su ganado, por que los brotes tiernos son comidos preferentemente. Así también, aunque la zona de influencia del ducto se encuentre por encima de los 3900 msnm; existen áreas cercanas a lugares húmedos donde aparentemente existe sobrecarga animal; ya que los pastos forrajeros se encuentran en estos sitios se encuentran degradados. Por lo que se espera, que si continúan estas prácticas a largo plazo, estas laderas cambien su régimen hídrico y se vuelvan más secas; con la consecuente disminución de la composición florística y de los elementos que dependen de ella (mamíferos, reptiles e insectos).

Tabla 4.4-17 Lista de flora de la zona de influencia del ducto (septiembre 2013)

Familia	Nombre botánico	Nombre común	Forma de vida
ADIANTACEAE	<i>Notholaena</i> sp.	helechito sambo	HHI
	<i>Cheilantes pruinata</i>	helechito delgado	HHI
	<i>Notholaena cf. nivea</i>	helechito puntos blancos	HHI
APIACEAE	<i>Azorella biloba</i>	yareta	ARU
ASCLEPIADACEAE	<i>Sarcostemma</i> sp.	yuyo	ARU
	<i>Philibertia</i> sp.	yuyito	HPE
ASTERACEAE	<i>Senecio humilimus</i>	hierba	HPE
	<i>Hypochoeris meyeriana</i>	pata de gallo	HPE
	<i>Baccharis incarum</i>	tola	ARU
	<i>Baccharis boliviensis</i>	tola chigwua, tola, tolilla	ARU
	<i>Hypochoeris elata</i>	hierba	HPE
	<i>Senecio</i> sp.		ARU
CACTACEAE	<i>Opuntia</i> sp.	tunilla	CAC
	<i>Opuntia</i> sp.	penca	CAC
CYPERACEAE	<i>Eleocharis</i> sp.	cebollin	CIP
	<i>Cyperus</i> sp.	pasto	CIP
	<i>Eleocharis albibracteata</i>	pasto picudo	CIP
CHENOPODIACEAE	<i>Chenopodium graveolens</i>	jarilla	HIA
EPHEDRACEAE	<i>Ephedra rupestris</i>	chipa chaqui, pinco pinco	ARU
FABACEAE	<i>Lupinus mutabilis</i>	hierba	HPE
GRAMINEAE	<i>Festuca dolichophylla</i>	paja blanca, chillagua	GRA
	<i>Nassella</i> sp.	pastito hoja fina	GRA
	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	pastito, brama	GRA
	<i>Stipa ichu</i>	paja amarilla	GRA
	<i>Eragrostis</i> sp.	pasto	GRA
	<i>Bromus lanatus</i>	cebadilla	GRA
	<i>Hordeum vulgare</i>	paja plomiza	GRA
	<i>Deyeuxia rigescens</i>	paja rojiza	GRA
	<i>Festuca</i> sp.	paja blanca	GRA
	<i>Poa annua</i>	pasto	GRA
	<i>Aristida</i> sp.	pasto	GRA
	<i>Calamagrostis</i> sp.	pasto	GRA
LABIATACEAE	<i>Lepechinia</i> sp.	salvia chica	ARU
	<i>Satureja boliviana</i>	muña muña	ARU
	<i>Salvia</i> sp.	arbusto	ARU
LAMIACEAE	<i>Satureja boliviana</i>	muña	ARU
LOASACEAE	<i>Cajophora horrida</i>	itapallu	HIA
OXALIDACEAE	<i>Hypseocharis</i> sp.	yuyo, soldaca	HPE
	<i>Oxalis</i> sp.	trébol flor amarilla	HPE
PAPILIONOIDEAE	<i>Adesmia miraflorensis</i>		ARU
	<i>Astragalus garbancillo</i>	garbancillo, garbanzo	HPE
ROSACEAE	<i>Lachemilla</i> sp.	hierba	HPE
	<i>Tetraglochin cristatum</i>	kanili, kanilla	ARU
PAPILIONOIDEAE	<i>Adesmia</i> sp.	taconcillo	HPE
VERBENACEAE	<i>Junella minima</i>	nc	ARU
LICHENES	<i>Parmelia</i> sp.	liquen	
	<i>Thamnomelia vermicularis</i>	liquen	LIQ

Fuente: Elaboración propia

Forma de vida:	
ARU =	Arbusto
CAC =	Cactácea
CIP =	Ciperácea
HIA =	Hierba anual
HPE =	Hierba bianual o perenne
HHI =	Helecho herbáceo
GRA =	Gramínea
LIQ =	Liquen



#### 4.4.4 Fauna

##### 4.4.4.1 Introducción

Aunque en los últimos años se ha avanzado en la investigación científica sobre la biodiversidad, Bolivia aún presenta vacíos de información en varias zonas. La mayor parte de los esfuerzos de investigación se dirigió a la inventariación de vertebrados grandes y plantas superiores. Respecto a la caracterización e inventariación de fauna, hasta la fecha, la fauna de mamíferos descrita para Bolivia comprende 389 especies silvestres, ocupando el treceavo lugar a nivel mundial y el cuarto lugar a nivel del continente sudamericano, después de Brasil (648 especies), Perú (467) y Colombia (442) (Tarifa & Aguirre 2009). La Puna Norteña, que incluye la Provincia Los Andes en el Departamento de La Paz (zona de estudio), principalmente el valle de Huayna Potosí, se constituye en una región muy importante para la conservación de algunos mamíferos con categoría de amenaza, porque aún se encuentran poblaciones de Tarujas (*Hippocamelus antisimensis*), y otros mamíferos como el puma (*Puma concolor*) y el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*).

En el grupo de las aves, Bolivia es uno de los países más ricos en especies con 1423 especies (Herzog & Maillard 2010), que representan el 43% de toda la avifauna de Sudamérica. Bolivia ocupa el séptimo puesto a nivel mundial, después de Colombia, Perú, Ecuador, Indonesia y Venezuela (Rocha et al. 2012). En Bolivia se han registrado 14 especies endémicas, de las cuales la mayoría se encuentra en los Bosques Secos Interandinos (6 especies), seguida por los Yungas (5 especies). En el territorio de la Provincia Los Andes, tienen presencia algunas especies de aves raras o esquivas como el Cheke Cheke (*Gallinago andina*) y otras de importancia para la conservación por su condición de amenazadas como el Cóndor (*Vultur gryphus*) y la Gallareta Gigante (*Fulica gigantea*) que está asociada a las lagunas altoandinas de la región.

Los reptiles están representados por unas 306 especies en Bolivia, cuyo grupo más diverso son las serpientes con 169 especies; del total de reptiles, 29 son especies endémicas, principalmente víboras con 18 especies (Cortez 2009). Los reptiles de la Provincia de Los Andes (La Paz), son de amplia distribución en la Puna, con géneros típicos como *Liolaemus* (las lagartijas de la puna) y la culebra andina (*Tachymenis peruviana*), ambos de amplia distribución en los Andes sudamericanos. *Liolaemus forsteri* es una lagartija endémica de la Cordillera Real de La Paz y el sur de Puno, Perú.

Los anfibios, constituyen uno de los grupos insuficientemente documentados del país; actualmente se tienen registradas 254 especies y se estima que existen unas 350 especies, de las cuales cerca del 40 % serían endémicas del país (Reichle & Aguayo 2006, Aguayo 2009). De acuerdo a las evaluaciones realizadas, en la vertiente superior de Zongo (zona evaluada mas cercana a la región de estudio), se registraron varias especies con endemismos regionales como: *Telmatobius bolivianus*, *Telmatobius verrucosus* y *Psychrophrynella chacaltaya* (Cortez 2011); lo que significaría la probabilidad de que la zona de estudio también sea de importancia para la conservación de anfibios.

Sarmiento & Barrera (2003) presentaron un inventario con 635 especies de peces en toda Bolivia, pero consideraron que esta cifra representa una subestimación del número real. En los últimos años se continúan describiendo nuevas especies (Fernández & Osinaga 2006, Fuentes-Rojas & Rumiz 2008). Consecuentemente, se estima la presencia de más

de 700 especies en Bolivia (Carvajal-Vallejos & Van Damme 2009, Van Damme et al. 2009). La ictiofauna del valle de Huayna Potosí en la región; ha sido poco estudiada y apenas se conoce algunas localidades circundantes, cuya composición de las comunidades ícticas es en general de dominio andino con un género típico (*Orestias*) y una especie introducida, la trucha (*Oncorhynchus mykiss*).

El área de estudio en la Provincia Los Andes se divide en dos grandes vertientes: La primera, la Subcuenca Taypi Chaca y la segunda la subcuenca Khara Khota; la caracterización de la fauna de ambas subcuencas, en general es de dominio andino con géneros típicos como *Liolaemus* en lagartijas, *Orestias* en peces roedores como las vizcachas, carnívoros como los zorros y una avifauna predominantemente andina con varias especies acuáticas; lo cual, convierte a la región en una zona prioritaria para la conservación.

#### 4.4.4.2 Objetivos

##### Objetivo general

Evaluar el estado de la biodiversidad faunística, considerando sus amenazas y sinergismos con el medio abiótico, principalmente con los recursos hídricos de las Subcuencas Taypichaca y Khara Khota.

##### Objetivos específicos

- ✓ Evaluar mediante métodos apropiados la fauna silvestre de las Subcuencas Taypichaca y Khara Khota.
- ✓ Localizar y verificar la presencia de fauna silvestre con categoría de amenaza
- ✓ Identificar los principales usos de la fauna por parte de los pobladores locales.
- ✓ Analizar las principales amenazas a la biodiversidad de la fauna regional.
- ✓ Identificación de los sitios y espacios prioritarios para la conservación de la fauna silvestre local.

#### 4.4.4.3 Área de estudio

El área de estudio se circunscribe principalmente a las Subcuencas Taypichaca y Khara Khota; ambas se encuentran en la Provincia Los Andes, Municipios de Batallas y Pucarani, que forman parte de la la cuenca endorreica del Altiplano. La mencionada Provincia, se ubica en la Puna de Bolivia, al sureste del Lago Titicaca. Principalmente está constituida por un área rural con presencia de cultivos tradicionales, ganadería de camélidos y ovinos, lagunas altoandinas, bofedales, represas y áreas de territorios montañosos con nevados y glaciares.

El clima es frío a templado, con una temperatura promedio de 7 a 9 °C, una precipitación promedio anual entre 500-1600 mm y número de meses áridos de 3 a 5 (Ibisch et al. 2003). La capital de la Provincia Los Andes es Pucarani y tiene una población de 840 habitantes (INE-PNUD 2005).

Se aclara que en la Subcuenca Taypichaca originalmente se encontraban dos lagunas denominadas Taypichaca y Sora Khota, con la construcción de la presa de Taypichaca, las lagunas se unieron, sin embargo la parte superior de la laguna actual, sigue siendo

denominada como Sora Khota por los pobladores del lugar. Para efectos de la descripción de la fauna, se utiliza esta denominación.

#### 4.4.4.4 Evaluación de la fauna

##### Metodología

La evaluación de la fauna se integró al trabajo realizado por los especialistas en flora, se coordinó con los mismos para la caracterización del hábitat.

- a. Los mamíferos fueron identificados combinando métodos de observación directa y caminatas en diferentes sectores del área de estudio. Mamíferos de tamaño grande fueron registrados mediante la búsqueda de evidencias indirectas (heces, huellas, pelos, cuevas, nidos y otros). Se completo la evaluación con la colección en campo e identificación de partes de restos óseos de animales.
- b. Para la observación de aves, inicialmente se definió el área de estudio, considerando los hábitats que frecuentan estas especies. La composición fue determinada a partir de observaciones directas con binoculares durante las diferentes visitas realizadas a las localidades de estudio. Durante el trabajo de campo se realizaron caminatas aleatorias cubriendo todos los lugares posibles de las localidades de estudio. Para caracterizar la abundancia se asignaron diferentes categorías, de acuerdo a los siguientes criterios:
  - ✓ Una especie es **abundante**, cuando se ven en gran número, ya sea en bandadas o en individuos aislados; estas son las especies numéricamente dominantes de la localidad.
  - ✓ Una especie es **común**, si se ve con frecuencia pero no en gran número.
  - ✓ Una especie es **escasa**, si se ven de tres a ocho ejemplares en el transecto de la evaluación
  - ✓ Una especie es **rara** si se ve uno o dos ejemplares durante el transecto
- a. La caracterización de la presencia de reptiles y anfibios, se realizó mediante observaciones directas y búsquedas intensivas en las primeras horas de la mañana, en ambientes húmedos para anfibios y debajo de piedras o entre arbustos, para el caso de algunos reptiles.
- b. La caracterización de la fauna, se completó con entrevistas a pobladores locales; mediante este método se obtuvo datos sobre el uso de la fauna y conocer la presencia de animales de restringida distribución, además de otros aspectos como la nomenclatura vernacular (nombres locales) de la fauna silvestre. La mayoría de los entrevistados fueron personas adultas y ancianos; se recurrió a ellos porque conocen mucho sobre la presencia y los usos de la fauna de su región, lo que permitió obtener información real y convincente para los fines buscados.

Se presentan en el Anexo 3 las planillas de registro en campo de fauna, de igual forma el mapa 9.5 identifica las ubicaciones de los puntos de estudio de fauna.

#### 4.4.4.5 Resultados

##### a. Mamíferos

Los mamíferos silvestres del área de estudio y regiones circundantes comprenden a 20 especies (Tabla 4.4-18), sin incluir a especies consideradas domésticas, como las llamas, ganado ovino, vacuno, porcino y ocasionalmente el asnal, que se encuentra en la región.

Entre las especies silvestres relevantes presentes en el área de influencia del proyecto, se destaca la “Taruja” (*Hippocamelus antisensis*), una especie de venado, con categoría de amenazada como En Peligro (MMAyA, 2009); a escala mundial está listada como Vulnerable, pues se estima que sus poblaciones son pequeñas y en disminución, debido a su caza y la fragmentación y reducción de la calidad del hábitat. Este venado, recientemente fue redescubierto en el valle de La Paz (Rechberger et al. in press).

En el sitio de estudio se evidencio su presencia, mediante entrevistas con los pobladores; la taruja según los avistamientos de la población local, habita las tierras altas del piso subnival en los sectores de la Apacheta, Nasacara, Chekapa, Jallayco y Tunicondoriri (Ciriaco Poma – comunario de Suwachata, com. pers. 2013). Otro comunario (Basilio Flores – comunario de Khotia Khota, com. pers. 2013), indicó que vio una pareja de tarujas, la semana pasada (miércoles, 27 de marzo de 2013) con relación a la fecha del trabajo de campo (viernes, 5 de abril de 2013); la misma persona indica que por la Apacheta (4100 a 4300 msnm) pasan grupos de 3-5 individuos; pero generalmente se los observa solitarios. En la actualidad, esta especie está afectada por las actividades antrópicas como la ganadería y por el tránsito ocasional de vehículos y turistas en las zonas de cordillera; ocasionando que migre a zonas que no tienen las condiciones ideales para su sobrevivencia.



Fot. 4.4-11 “Taruja” (*Hippocamelus antisensis*), en hábitat similar a la parte alta de la zona de estudio (Serranía de Sama-Tarija). Fuente: Villarte 2005.

Entre los felinos de la región en la zona montañosa, se destaca la presencia del Puma (*Puma concolor*), una especie categorizada a nivel global como de menor riesgo, LC (Least Concern) (IUCN 2014). Mediante entrevistas con los pobladores locales, se evidencio antiguos avistamientos del Puma que datan de hace 40 años aproximadamente. El primero, un individuo habría sido observado por encima del valle del Lago Sora Khota (Ciriaco Poma – comunario de Suwachata, com. pers. 2013). El segundo registro dataría de hace más de 30 años, cuando un Puma acechaba agazapado, a una llama muerta que a su vez era presa de cuatro Cóndores Andinos (Basilio Flores – comunario de Sora

Khota, com. pers. 2013). Sin embargo, también hay reportes de esta especie en la región aledaña a la cordillera por comunarios jóvenes; quienes reportan su presencia en los últimos diez años (Edgar Murga y Clemente Machaca, com pers. 2013).

Otro felino de urgente prioridad para la conservación es el Gato Andino ó Titi-Misi (*Leopardus jacobita*), especie muy esquiva y rara en la región andina; aunque, a veces es confundido con el Gato de las Pampas (*Leopardus colocolo*), que normalmente asciende de tierras bajas y comparte el hábitat altiplánico con el Gato Andino; de ahí que son considerados especies simpátricas (Viscarra 2008). Además, muchas características del pelaje y tamaño de ambas especies son parecidos; por tal motivo, la gente suele confundirlos, por eso consideramos en este estudio, la presencia de las dos especies hasta reunir más evidencias.

El Gato Andino, es una especie altamente amenazada y categorizada como En Peligro Crítico (MMAyA, 2009); sus principales amenazas son la caza, la fragmentación y pérdida de hábitat; así como de la reducción de las poblaciones de su presa principal (Villalba et al. 2009a). Por otra parte, el Gato de las Pampas, también se encuentra amenazado en la categoría de Vulnerable; es algo más pequeño que el Gato Andino y se cuenta con registros para el departamento de La Paz, al sur del Lago Titicaca (Villalba et al. 2009 b) y probablemente se trate esta especie la que se encuentre en el área de estudio. En la región una especie de Gato (que pudo ser Gato Andino ó Gato de las Pampas), habría sido observado hace como un año y medio en las cercanías a la Laguna Khotia Khota (Basilio Flores – comunario de Sora Khota, com. pers. 2013).

Entre los mamíferos que son avistados con más frecuencia en la parte alta de las cuencas y aledañas a la cordillera están: el zorro (*Lycalopex culpeus*), carnívoro que periódicamente se lo observa en los pastizales de las laderas asechando a los rebaños de ovejas de los pobladores; esto causa su persecución y/o eliminación en algunos casos. La vizcacha (*Lagidium viscacia*) es un roedor de abundancia común, con amplia distribución en las áreas de roquedales; incluso hasta hace unos 15 años atrás era cazado por los pobladores locales y personas de la ciudad, para el consumo de su carne. Durante la evaluación de campo se tuvieron dos registros visuales de individuos solitarios en los sectores rocosos y varios avistamientos de indicios (heces).

Fot. 4.4-12 Vizcacha (*Lagidium viscacia*), roedor de amplia distribución en sectores de roquedales en la parte superior de las cuencas. Fuente: Villarte 2005.



En las zonas adyacentes al lago Titicaca (Igachi, Batallas, Pucarani, Corapata) donde la actividad agrícola es intensa; según comentarios de los pobladores ocasionalmente se

registrar avistamientos de zorros, zorrinos (*Conepatus chinga*), hurones (*Galictis cuja*) y varias especies de ratones silvestres; estos mamíferos se acercan a los cultivos y casas de los comunarios en busca de alimento, siendo considerados como animales perjudiciales; por lo que no es extraño que los perros persigan a estos animales hasta ahullentarlos o darles muerte .

Una lista de los mamíferos observados, de registros locales y otros estudios en la misma ecoregión muy similares a la zona de estudio en otras áreas de Bolivia (La Paz, Potosí), se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 4.4-18 Lista de los mamíferos observados, en base a entrevistas e indicios**

Grupo Taxonómico <sup>1</sup>	Nombre Local	Categoría Amenaza <sup>2</sup>	UICN <sup>3</sup>	Hábitat	Referencias*
<b>MARSUPIALIA</b>					
<b>Didelphidae</b>					
<i>Thylamys pallidior</i>	Achito		LC	Cul	1, 2, 3, 4
<b>CARNIVORA</b>					
<b>Felidae</b>					
<i>Puma concolor</i>	Puma		LC	Mon,Roq	1, 2, 3, 4, 5
<i>Leopardus jacobita</i>	Titi-misi	CR (VU)	EN (LC)	Mon,Roq	2, 3, 4, 5
<b>Canidae</b>					
<i>Lycalopex culpaeus</i>	K´amake			Tho,Pas,Ant	1,2,3,4,5,6
<b>Mephitidae</b>					
<i>Conepatus chinga</i>	Añatuya			Cul,Tho,Ant	1, 2, 3, 5,6
<b>Mustelidae</b>					
<i>Galictis cuja</i>	Hurón	CITES II	VU	Cul,Tho,Ant	1, 2, 3,5
<b>ARTIODACTYLA</b>					
<b>Cervidae</b>					
<i>Hippocamelus antisensis</i>	Taruja	EN		Mon	1, 4, 5
<b>RODENTIA</b>					
<b>Muridae</b>					
<i>Mus musculus</i>	Ratón doméstico			Ant	1,6
<b>Cricetidae</b>					
<i>Phyllotis osilae</i>	Achaco			Cul,Ant	1, 4
<i>Phyllotis xanthopygus</i>	Achaco			Cul,Ant	1, 3, 4
<i>Andinomys edax</i>	Achaco			Cul,Ant	1, 4
<i>Auliscomys boliviensis</i>	Hacha achaco			Cul,Ant	1, 3
<i>Auliscomys sublimis</i>	Hiska achaco			Cul,Ant	1, 3
<i>Akodon boliviensis</i>	Ch´iara achaco			Cul,Ant	1, 3, 4
<i>Chreomys jelskii</i>	Kacha achaco			Cul,Ant	1, 3, 4
<i>Calomys lepidus</i>				Cul,Ant	1, 3, 4
<b>Caviidae</b>					
<i>Cavia porcellus</i>	Cuy		LC	Cul,Ant	1,6
<i>Galea musteloides</i>	Pampa Huanco				1, 2, 3, 4
<b>Chinchillidae</b>					
<i>Lagidium viscacia</i>	Vizcacha			Roq	1,2,3,4,5,6
<b>LAGOMORPHA</b>					
<b>Leporidae</b>					
<i>Lepus europaeus</i>	Liebre			Ant,Cul	2,6

<sup>1</sup>La taxonomía de mamíferos sigue a Anderson (1997) <sup>2</sup>Status: Hace referencia a las categorías de Amenaza para algunas especies amenazadas: NT (Casi Amenazado), VU (Vulnerable) según Libro Rojo (LR) de los Vertebrados de Bolivia (2009). <sup>3</sup>Status según la IUCN (International Union for the Conservation Natural): NT (Casi Amenazado), VU (Vulnerable) y LC (Least Concern = Menor Riesgo). Códigos de hábitat: Mon = Cimas de montañas y acantilados, Que = Quebradas en laderas con pendiente, Val = Fondos de valle, Roq =

**PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE**

Roquedales en laderas, Pam = Planicies extensas, Cul = Cultivos, Ant = áreas antrópicas y poblados, Acu = ambientes acuáticos (lagunas, ríos y bofedales), Pla = Playas y lechos de ríos, Tho = Tholares (formaciones arbustivas), Pas = Pastizales y matorrales de la puna. \*Referencias: 1 = Martínez (2012), 2 = Martínez et al. (2010), 3 = Yensen & Tarifa (1993), 4 = Tarifa & Yensen (2001), 5 = Referencias de los pobladores, 6 = Martínez y Villarte (observado en este estudio)

**b. Aves**

El grupo de las aves, es la más abundante en cuanto a diversidad de especies de vertebrados con 69 especies, de las cuales 56 son especies terrestres y solo 13 fueron especies de aves acuáticas. Se destaca el registro de tres especies con categoría de amenaza (MMAyA, 2009): tres en la categoría de Vulnerable (*Phoenicoparrus andinus*, *Vultur gryphus* y *Fulica gigantea*), mientras que una especie (*Merganetta armata*) está categorizadas como de Menor Riesgo (LR) (Tabla 4.4-19).

**Tabla 4.4-19 Lista de las aves presentes en el área de estudio y regiones aledañas**

Grupo Taxonómico	Nombre Común	Nombre Local	Categoría de Amenaza <sup>2</sup>	UICN <sup>3</sup>	Hábitat	Referencias*
<i>TINAMIDAE</i>						
<i>Nothoprocta ornata</i> (C)	Perdiz Andina	Pissaca		LC	Pas	4, 5, 6
<i>Nothura darwinii</i> +				LC	Pas	1,6
<i>ANATIDAE</i>						
<i>Merganetta armata</i> (R)	Pato de Torrenteras		LR	LC	Acu	5
<i>Chloephaga melanoptera</i> (A)	Ganso Andino	Huallata		LC	Acu	1, 2, 4, 5, 6
<i>Lophonetta specularioides</i> (R)		Kankana		LC	Acu	1, 2, 3,, 5,6
<i>Anas flavirostris</i> (R)		Aukalla		LC	Acu	1, 2, 4, 5,6
<i>Anas georgica</i> +				LC	Acu	5
<i>Anas puna</i> (R)				LC	Acu	6
<i>Anas cyanoptera</i> +				LC	Acu	5
<i>Oxyura jamaicensis</i> (R)		Omasutu		LC	Acu	1, 4, 5,6
<i>PHOENICOPTERIDAE</i>						
<i>Phoenicopterus chilensis</i> (R)	Flamenco Chileno			NT	Acu	1, 2, 5,6
<i>Phoenicoparrus andinus</i> (R)	Flamenco Andino		VU	VU	Acu	1, 2, 5,6
<i>ARDEIDAE</i>						
<i>Nycticorax nycticorax</i> (C)	Garza Gris	Huakana		LC	Acu	1, 4, 5,6
<i>Bubulcus ibis</i> (C)	Garza Bueyera			LC	Acu,Ant	1, 4, 5
<i>THRESKIORNITHIDAE</i>						
<i>Plegadis ridgwayi</i> (C)	Ibis de la Puna			LC	Acu,Ant	1, 2, 4, 5,6
<i>CATHARTIDAE</i>						
<i>Cathartes aura</i> (R)				LC	Mon	1, 4, 5,6
<i>Vultur gryphus</i> (E)	Cóndor Andino	Mallku	VU	NT	Que	1, 2, 4, 5,6
<i>ACCIPITRIDAE</i>						
<i>Buteo polyosoma</i> (R)	Aguilucho			LC		1, 2, 3, 4, 5, 6
<i>Geranoaetus</i>	Águila mora	Paca		LC		1, 4, 5

**PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE**

Grupo Taxonómico	Nombre Común	Nombre Local	Categoría de Amenaza <sup>2</sup>	UICN <sup>3</sup>	Hábitat	Referencias*
<i>melanoleucus</i> +						
<b>RALLIDAE</b>						
<i>Fulica ardesiaca</i> +	Gallareta Común			LC	Acu	
<i>Fulica gigantea</i> (R)	Gallareta Gigante	Ajjuya	VU	LC	Acu	1, 5, 6
<b>CHARADRIIDAE</b>						
<i>Vanellus resplendens</i> (A)		Le´ke- Le´ke		LC	Acu	1, 2, 4, 5, 6
<b>SCOLOPACIDAE</b>						
<i>Gallinago andina</i> (R)	Becasina	Che´ke- Che´ke			Pla	5,6
<i>Tringa melanoleuca</i> +					Pla	1, 5
<i>Tringa flavipes</i> +					Pla	1, 2, 5
<i>Tringa solitaria</i> +					Pla	1
<b>THINOCORIDAE</b>						
<i>Attagis gayi</i> (R)	Agachona de collar	Kuli-Kuli			Pas	5,6
<i>Thinocorus orbignyianus</i> (E)	Pucu pucu	Puku-Puku			Pas	1, 2, 5, 6
<b>LARIDAE</b>						
<i>Chroicocephalus serranus</i> (A)	Gaviota Andina	Kellua			Acu	1, 2, 4, 5, 6
<b>COLUMBIDAE</b>						
<i>Columbina picui</i> (R)	Torcacita			LC	Pas	1, 4, 5, 6
<i>Metriopelia ceciliae</i> (R)		Kurukuta		LC	Pas	4,6
<i>Metriopelia aymara</i> (C)	Tortolita	Kullukutay a		LC	Pas	1, 2, 5, 6
<i>Metriopelia melanoptera</i> +				LC	Pas	1, 3, 4
<i>Columba livia</i> (introduc.) (A)	Paloma Común			LC	Ant	6
<b>TYTONIDAE</b>						
<i>Tyto alba</i> +	Lechuza Campanar.	Juku		LC	Ant	2, 4,5
<b>STRIGIDAE</b>						
<i>Bubo virginianus</i> +	Buho	Chuseka		LC	Cul	4, 5
<i>Athene cunicularia</i> +	Lechucita			LC	Cul	1, 4, 5
<b>APODIDAE</b>						
<i>Aeronautes andecolus</i> (R)	Bencejo			LC	Pla	2, 3, 4, 6
<b>TROCHILIDAE</b>						
<i>Oreotrochilus estella</i> (R)	Picaflor Andino			LC	Ant	2, 3, 4, 5,6
<b>PICIDAE</b>						
<i>Colaptes rupicola</i> (A)	Carpintero Andino			LC	Ant,Pas	1, 2, 3, 4, 5, 6
<b>FALCONIDAE</b>						

PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE

Grupo Taxonómico	Nombre Común	Nombre Local	Categoría de Amenaza <sup>2</sup>	UICN <sup>3</sup>	Hábitat	Referencias*
<i>P megalopterus (C)</i>	María	Alk'amari (Chuchi)		LC	Roq	1, 2, 3, 5, 6
<i>Falco sparverius (R)</i>		K'illi-K'illi		LC	Roq	1, 2, 3, 5, 6
<i>Falco femoralis (R)</i>	Mamaní	K'illi-Paka		LC	Roq, Ant	1, 2, 3, 5, 6
<b>FURNARIIDAE</b>						
<i>Geositta cunicularia</i>				LC	Pas, Ant	1, 2, 4
<i>Geositta punensis (E)</i>	Minerito			LC	Pas, Ant	1, 2, 4, 5, 6
<i>Cinclodes fuscus (E)</i>	Remolinera Común	Kachiranka		LC	Pas, Ant	1, 2, 3, 4, 5, 6
<i>Asthenes modesta (E)</i>				LC	Pas, Ant	1, 4, 5, 6
<b>TYRANNIDAE</b>						
<i>Lessonia oreas+</i>				LC	Pas, Ant	2, 5
<i>Anairetes parulus +</i>				LC	Pas, Ant	3, 4, 5
<i>Muscisaxicola maculirostris +</i>				LC	Pas, Ant	2, 4
<i>Muscisaxicola griseus +</i>				LC	Pas, Ant	5
<i>Muscisaxicola juninensis (R)</i>				LC	Pas, Ant	1, 2, 4, 5, 6
<i>Muscisaxicola cinereus +</i>				LC	Pas, Ant	2, 4, 5
<i>Muscisaxicola rufivertex +</i>				LC	Pas, Ant	4
<i>Agriornis Montanus+</i>				LC	Pas, Ant	2, 4, 5
<b>HIRUNDINIDAE</b>						
<i>Pygochelidon cyanoleuca (R)</i>				LC	Pas, Ant	1, 2, 3, 4, 5, 6
<i>Orochelidon andecola +</i>				LC	Pas, Ant	4
<i>Hirundo rustica +</i>	Golondrina tijerita			LC	Pas, Ant	4, 5
<b>MOTACILLIDAE</b>						
<i>Anthus correndera (R)</i>				LC	Pas	4, 5, 6
<b>THRAUPIDAE</b>						
<i>Phrygilus punensis (R)</i>	Jilguero			LC	Pas, Ant	3, 4, 5, 6
<i>Phrygilus fruticeti (R)</i>	Jilguero			LC	Pas, Ant	3, 4, 5, 6
<i>Phrygilus unicolor (R)</i>	Jilguero			LC	Pas, Ant	1, 2, 3, 4, 5, 6
<i>Phrygilus plebejus (R)</i>	Jilguero			LC	Pas, Ant	1, 2, 3, 4, 5, 6
<i>Diuca speculifera (R)</i>				LC	Pas, Ant	4, 5, 6
<i>Sicalis uropygialis (C)</i>				LC	Pas, Ant	1, 2, 4, 5, 6
<i>Sicalis olivascens +</i>	Jilguero Oliváceo			LC	Pas, Ant	3, 4, 5
<b>EMBERIZIDAE</b>						
<i>Zonotrichia capensis (A)</i>	Gorrión Andino	Pichitanka		LC	Pas, Ant	1, 2, 3, 4, 5, 6
<b>FRINGILLIDAE</b>						
<i>Sporagra atrata (C)</i>		Chaiñita		LC	Pas, Ant	1, 2, 3, 4, 5, 6
<i>Sporagra uropygialis (C)</i>		Chaiñita		LC	Pas, Ant	1, 2, 4, 6

<sup>1</sup>La taxonomía de aves sigue a a Remsen et al. (2012). Status: Hace referencia a las categorías de Amenaza para algunas especies amenazadas según Libro Rojo (LR) de los Vertebrados de Bolivia (2009): NT = (Casi Amenazado), VU = (Vulnerable) LR = Menor riesgo;. <sup>3</sup>Status según la IUCN (International Union for the Conservation Natural): NT (Casi Amenazado), VU (Vulnerable) y LC (Least Concern = Menor Riesgo). \*Referencias: 1 = Rocha et al. (2002), 2 = Martínez et al. (2009), 3 = Martínez & Villarte (2009), 4 = Martínez et

al. (2010), 5 = Rocha & Aguilar (2010), 6 = Martínez y Villarte (observado en este estudio). Códigos de hábitat: Mon = Cimas de montañas y acantilados, Que = Quebradas en laderas con pendiente, Val = Fondos de valle, Roq = Roquedales en laderas, Pam = Planicies extensas, Cul = Cultivos, Ant = áreas antrópicas y poblados, Acu = ambientes acuáticos (lagunas, ríos y bofedales), Pla = Playas y lechos de ríos, Tho = Tholares (formaciones arbustivas), Pas = Pastizales y matorrales de la puna. Abundancia: A Abundante, C: Común, E: Escasa, R: Raro. + = Presencia de la especie en la ecoregión en base a otros estudio.

De las especies registradas, actualmente, el Cóndor Andino está considerado a nivel mundial como casi amenazado (UICN) y listado en el Apéndice I de CITES (BirdLife International 2009a, IUCN 2009). En Venezuela se la categoriza como en peligro (Cuesta 2000) y ha llegado casi a la extinción, donde por varios años de estudio, solo hubo registros esporádicos (Calchi & Vioria 1991). Similarmente, en Colombia, el Cóndor Andino se encuentra en peligro de extinción (Lieberman et al. 1993, Feliciano 2001, Rodríguez-Mahecha & Orozco 2002). La población de cóndores en el norte de Ecuador, ésta declinando críticamente y se encuentra en estado crítico (Koenen et al. 2000) y en peligro crítico de desaparecer y se estima que existen menos de 70 individuos en vida silvestre y con sólo 18 ejemplares en zoológicos y centros de rescate (Koester 2002, citado en Meza 2004). En el Perú, está considerada amenazada (Cuesta 2000). En la Argentina se la considera una especie insuficientemente conocida (Chebez 1999, Lambertucci 2007).

En Bolivia, el Cóndor Andino es una especie considerada Vulnerable (Balderrama et al. 2009) y poco se conoce del tamaño de su población. Ríos-Uzeda & Wallace (2007), estimaron una población de 78 individuos a partir de censos en carroñas en la Cordillera de Apolobamba en el altiplano norte de Bolivia. Sin embargo, al sur de Bolivia aparentemente ésta especie se encontraría en un mejor estado, coincidiendo con algunas zonas de Chile y Argentina (Kusch 2004, Lambertucci et al. 2008). Esta especie está poco estudiada en Bolivia, y no se conoce virtualmente nada sobre la biología y ecología de ésta rapaz, pese a ser considerada especie bandera para programas de conservación.

Actualmente, la mayoría de los registros del Cóndor Andino en Bolivia corresponden a la región del altiplano y valles interandinos (p. e. Martínez 2000, Rocha et al. 2002, Fjeldså & Kessler 2004, Ríos-Uzeda & Wallace 2007). Martínez et al. (2010, 2012), reportan 30 registros del Cóndor Andino, para al Sur de Bolivia (principalmente Tarija) y cuatro localidades para el altiplano del sur de Potosí, Bolivia. Durante nuestro estudio en la Provincia Los Andes y la región de la Laguna Khotia Khota, registramos visualmente 2 ejemplares de Cóndor Andino. Sin embargo, pobladores locales indican su presencia frecuente hacia el sector de Tuni Condoriri en las tierras altas de nevados al este de la provincia.

Fot. 4.4-13. Una pareja de la Gallareta Gigante (*Fulica gigantea*), observado en la represa Taypichaca de la región.



La Gallareta Gigante (*Fulica gigantea*), se distribuye desde el centro de Perú, pasando por el occidente de Bolivia hasta el Lago pozuelos en Jujuy al noroeste de la Argentina y norte de Chile (Fjeldså & Krabbe 1990). Es una especie con categoría de amenaza Vulnerable (MMAyA, 2009) y con Preocupación Menor LC a nivel global; y considerada según los censos neotropicales de aves acuáticas como una especie menos abundante y rara en relación a *Fulica cornuta* (otra gallareta amenazada en Bolivia), y no se tienen medidas de conservación a nivel nacional de la especie (Quiroga & Rocha 2009). Habita lagunas poco salobres en el piso Altoandino del Valle de Zongo y Huayna Potosí con vegetación acuática sumergida compuesta por *Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Ruppia*, *Chara* y algas filamentosas, constituyéndose el alimento y material para la construcción de sus nidos y se la considera altamente sensible a la contaminación de los ambientes acuáticos por efectos de la minería y diques de colas. Otra amenaza a nivel global nacional, es la recolección de sus huevos por los pobladores locales (Quiroga & Rocha 2009). En el área de estudio de la provincia, un grupo de seis individuos (tres parejas) fueron registradas en la represa de la Laguna Sora Khota. En la parte baja de la cuenca, colindando con la zona ribereña del lago Titicaca, los pobladores locales también reportan la presencia de esta especie en áreas anegadas, su presencia se caracteriza por encontrarse casi siempre en parejas.

La presencia de flamencos o pariguanas, en las lagunas de la zona alta, es estacional y ocurren dos especies, el Flamenco Chileno (*Phoenicopterus chilensis*) y el Flamenco Andino (*Phoenicoparrus andinus*); siendo más común el Flamenco Chileno; los meses que frecuentan las lagunas son de noviembre a febrero. Sin embargo, algunos ejemplares de flamencos también han sido observados por los pobladores locales en los meses de agosto y septiembre. En la cuenca baja, entre los meses de noviembre a marzo, en las zonas ribereñas del lago Titicaca y hasta en canales de riego, suelen observarse individuos del Flamenco Andino (Com pers. Comunario Palcoco).

Otra ave acuática carismática de la región es el Pato de las Torrenteras (*Merganetta armata*) que tiene mucha importancia ecológica en ambientes acuáticos de torrenteras y de buena calidad; es decir aguas con caudales fuertes en ambientes empinados, como cascadas y rocas aluviales grandes. El Pato de las Torrenteras (*Merganetta armata*), otra especie categorizada a nivel global como de Menor Riesgo (BirdLife International, 2009b) es considerada como bioindicadora de la calidad de hábitat y ambientes acuáticos no contaminados (Tyler & Tyler 1996). En la región existen algunas cascadas con fuertes torrenteras en las partes altas del Río Suriquiña, donde referencias locales indican la presencia del Pato de las Torrenteras, exclusivamente en ese lugar en los meses de noviembre a febrero.

En general, las comunidades de aves locales en la provincia Los Andes son de amplio dominio andino, sin embargo, existen algunos elementos importantes desde el punto de vista de la biogeografía, son poco conspicuos, es decir son raros y de distribución muy localizada; uno de los ejemplos es la Becasina ó localmente llamada "Cheke Cheke" (*Gallinago andina*) que un poblador indica su presencia en las márgenes de la Laguna Khotia Khota, así también fue registrado en la campaña de evaluación de mayo del 2013.

En la zona ribereña del lago Titicaca (sector Pucarani), donde existen aguas anegadas y totorales es común la presencia de varias especies de anátidos como ganso andino



(*Chloephaga melanoptera*), *Anas flavirostris*, *Anas georgica*, *Anas puna* y *Anas cyanoptera*; en las mismas zonas, cerca a los cultivos o rastrojos de los mismos, es común ver en busca de alimento al leke leke (*Vanellus resplendens*), la gaviota andina (*Chroicocephalus serranus*), ibis (*Plegadis ridgwayi*) y la garza bueyera (*Bubulcus ibis*).

Fot.4.4-14 Un Pato típico “kankana” (*Lophonetta specularioides*), presente en las lagunas de la zona de estudio.

### c. Reptiles

Los reptiles conjuntamente con los anfibios se encuentran dentro del grupo de pequeños vertebrados que se caracterizan por habitar ecosistemas diversos, es decir: húmedos, semihúmedos y secos; además, representan uno de los estratos básicos de las redes tróficas, lo que posibilita la subsistencia de otros vertebrados superiores (aves y mamíferos).

Los reptiles incluidos dentro la Clase Reptilia, pertenecen históricamente, al primer grupo de los vertebrados que pudo alejarse permanentemente del agua. Sus antecesores, los anfibios no desarrollaron los mecanismos anatómicos, fisiológicos, reproductivos y de comportamiento que les permitieran una independencia de ambientes húmedos. Los reptiles se caracterizan por tener una piel impermeable, cubierta de escamas epidérmicas de diversa forma y finalidad, estas en general contribuyen a evitar la pérdida de agua. Las lagartijas son el grupo más diverso de los reptiles registrado en la Puna de La Paz, pudiéndose encontrar en ambientes aridos, semiáridos y semihúmedos; la mayor parte de las lagartijas son insectívoras, pero también algunas especies son hervíboras o que incluyen una cantidad de materia vegetal en la dieta. En general, los reptiles son ovíparos pero sus huevos son mucho más capaces de soportar la desecación que los anfibios. En cuanto a la distribución altitudinal, Baudoin & Pacheco, 1999, señalan que *Liolaemus multiformis* y *Tachymenis peruviana* presentes en La Paz, están entre las especies que alcanzan las mayores alturas.

Los reptiles que se encontraron en la zona de estudio corresponden al orden Squamata, suborden Saurios en el que están incluidas las lagartijas y los Ofidios conformado por las serpientes.

Para caracterizar la fauna de reptiles, se realizaron dos campañas de muestreo por Fernando Guerra & Fernando Villarte: La primera del 7 al 10 de marzo del 2014, y la segunda del 26 al 27 de abril y del 1 al 3 de mayo del 2014.

**Tabla 4.4-20. Lista de reptiles en el área del proyecto y áreas circundantes (En base a Guerra & Villarte, 2014).**

Familia/Especies	Ubicación msnm	Categoría Amenaza (2009)	Evidencia Guerra & Villarte 2014
<b>IGUANIDAE</b>			
<i>Liolaemus forsteri</i>	4380 - 4683	Vulnerable	Observado, fotografía
<i>Liolaemus alticolor alticolor</i>	4380 - 4683		Observado, fotografía
<b>COLUBRIDAE</b>			
<i>Tachimenis peruviana</i>	4179		Observado, fotografía

De acuerdo a las entrevistas con los pobladores, en la región, los comunarios reconocen al menos cuatro "tipos" de lagartijas; de las cuales, dos especies fueron registradas en este estudio. Una especie de tamaño relativamente grande, aproximadamente 15 cm identificada como *Liolaemus forseti*, que se asemeja en tamaño a las registradas en otras zonas aledañas a la zona de estudio. La lagartija (*L. forsteri*), se encuentra con categoría de amenaza en la categoría de **Vulnerable** y también fue registrada en las localidades de Chacaltaya y Milluni (Aguilar & Domic 2009), colindantes al Cantón Vilaque y Patamanta.

Otra especie de lagartija aunque un poco mas pequeña (12 cm), y observada esporádicamente en horas de la mañana fue *Liolaemus alticolor alticolor*, conocida localmente como sut'ualla. Sus poblaciones en la cuenca son muy abundantes. Esta especie se alimenta de insectos y salen a asolearse a partir de las 10 de la mañana cuando calienta el sol, hasta las 5 de la tarde aproximadamente. Durante la noche pasan debajo de las piedras, donde construyen pequeñas madrigueras, también suelen construir madrigueras a campo abierto. Es muy abundante en la zona de estudio. Especímenes encontrados en la parte media y baja de ambas cuencas.

La diferencia de cuatro tipos de lagartijas que manifiestan los pobladores, puede ser debido al diferente color en el dorso, que suelen presentar una misma especie en sus diferentes estados juvenil, adulto y maduro.



Fot. 4.4-15 Fauna reptiliana de la región, a la izquierda un ejemplar de "Jararanko" (*Liolaemus forsteri*), una lagartija de amplia distribución en la región; a la derecha la lagartija *Liolaemus alticolor alticolor*, conocida localmente como sut'ualla.

Con relación a las serpientes, los pobladores indican que la víbora, localmente conocida como "Acero" (*Tachymenys peruviana*) se encuentra en la región; y sus avistamientos serían esporádicos; a esta culebra generalmente se la halla debajo de las piedras o arbustos que le dan sombra. La población local indica que esta especie, generalmente es temida por los niños y jóvenes; sin embargo, es una culebra muy poco agresiva, e incluso permite su manipuleo. Un ejemplar decapitado de 35 cm, fue encontrado en las zonas rocosas de la cuenca de Taypichaca.



Fot. 4.4-16 La Culebra Andina o "Acero" (*Tachymenys peruviana*), que frecuenta laderas con vegetación baja de la zona de estudio. Fuente: Martínez, 2009.

#### d. Anfibios

Debido a la relación directa entre los anfibios y los hábitats que serán afectados, en la situación con proyecto; se ha ejecutado un trabajo específico de este grupo, elaborado por Cortez que se presenta en el **Anexo 5.1**.

A continuación se presenta las conclusiones y recomendaciones emanadas de dicho estudio:

La riqueza y composición de anfibios en estos hábitats y altitudes es de por lo menos 5 especies: *Rhinella spinulosa* (Bufonidae), *Gastrotheca marsupiata* (Hemiphractidae), *Pleurodema cinereum*, *Pleurodema marmoratum* (Leptodactylidae) y *Telmatobius marmoratus* (Telmatobiidae). Durante la evaluación se confirmó la presencia de 3 especies: *Rhinella spinulosa*, *Pleurodema marmoratum* y *Telmatobius marmoratus*, todas registradas por observación directa, ninguna por canto. No se registró a *Pleurodema cinereum* y *Gastrotheca marsupiata*.

Considerando que la evaluación fue realizada en la transición de la estación de lluvias a la seca, esto disminuyó la probabilidad de su registro, además de que solo se realizaron búsquedas diurnas debido a las características del proyecto, que al ser una evaluación rápida además contó muy poco tiempo para una evaluación más completa, a pesar de ello se alcanzó a tener un buen registro de la riqueza esperada y de su abundancia, por lo cual se sugiere que en futuras campañas se tome en cuenta que es necesario un mayor tiempo de evaluación, así como realizar búsquedas diurnas y nocturnas, y en ambas estaciones, de tal manera, que se optimice no solo el registro de anfibios si no tener un mejor panorama sobre su abundancia y el estado poblacional de los anfibios en el área del proyecto.

Aunque el estudio no tenía por objetivo determinar la abundancia de las especies encontradas, mediante la experiencia del consultor se puede indicar que en el caso de los

tres registros su abundancia en esta zona es mucho menor a lo que se esperaría para estas especies, y que en el caso de *Tematobius marmoratus*, como en otras zonas, se considera que sus poblaciones se encuentran en declinación, a pesar de lo indicado en la lista roja de la IUCN (2014) y del Libro Rojo de Fauna Silvestre de Vertebrados de Bolivia (Aguayo, 2009), siendo probable su situación actual de En Peligro (EN) o Críticamente En Peligro (CR), como fue corroborado en el taller del AArk recientemente realizado.

Estas disminuciones pueden deberse a diferentes causas o a la suma de las mismas, tales como, una alta presencia de animales (vacas, llamas, alpacas, ovejas) cuyas fecas son depositadas en los cuerpos de agua, causando la eutrofización de las mismas, lo cual disminuye el porcentaje de oxígeno en agua, importante para los anfibios, principalmente para *T. marmoratus* al ser acuática. Otro factor a considerar es la presencia en gran número, en todos los cuerpos de agua, de diferentes especies de peces, predadores principalmente de larvas de anfibios, los cuales además son especies introducidas (trucha, ispi y carachi).

Aunque no se realizó un estudio específico sobre la presencia del **hongo quitrido**, su presencia en la zona es muy probable, dado que ha sido confirmada en áreas cercanas, y considerando que este hongo puede dispersarse no solo por el agua sino también por humanos y aves, hace casi inminente este hecho. Por ello para determinar las causas de esta aparente disminución o baja poblacional en esta área es necesario realizar estudios específicos sobre las amenazas existentes para los anfibios y sus impactos, para de esta manera determinar las medidas de conservación específicas para cada una de ellas.

En específico en el caso de *Rhinella spinulosa* y *Pleurodema marmoratum*, son especies mayormente terrestres, por lo cual tiene menos riesgo en verse afectadas por el hongo a diferencia de las especies acuáticas. Las amenazas directas en este momento para estas especies son la pérdida de hábitat por incremento en las actividades antrópicas y efectos del cambio climático.

En el caso de *Tematobius marmoratus*, a las amenazas anteriormente mencionadas se suma que es muy probable la presencia del hongo quitrido, esto debido a su baja abundancia y al registro de un individuo muerto, lo cual hace sospechar de su presencia. Como se indicó anteriormente este hongo ha sido reportado en áreas cercanas, en otra especie del mismo género, *Telmatobius culeus*, la rana gigante del Lago Titicaca (Cortez et al., 2011). Esta especie además tiene una situación complicada en los otros países donde ha sido registrada, en el Perú, Icochea et al. (2004) indican como amenazas para esta especie la recolección excesiva para la elaboración de licuados medicinales, práctica que se ha copiado en Bolivia, también la eutrofización de las fuentes de agua y confirman para la especie quitridiomycosis en algunas poblaciones, y en Chile también ya se han encontrado ejemplares infectados por este mismo hongo y Veloso (2006) menciona que los bofedales donde esta especie habita en Chile, son el lugar de pastoreo del ganado camélido perteneciente a las comunidades locales, similar a Bolivia.

Considerando que las represas van a inundar varias zonas, esto afecta de manera diferenciada a las especies de anfibios registradas, en el caso de *Rhinella spinulosa* esta fue encontrada lejos de las áreas de inundación directa de las represas y aun que cuenta en general con una población ampliamente distribuida y relativamente abundante, es evidente que sus poblaciones han disminuido.

En el caso de *Pleurodema marmoratum* esta se encuentra ampliamente distribuida en el área del proyecto y aun es relativamente abundante, sin embargo, *Tematobius marmoratus*, es la especie de mayor prioridad en la zona del proyecto debido a su baja abundancia, distribución restringida a bofedales cuyo reporte proviene principalmente de los bofedales ubicados en las áreas de inundación. Además se debe tomar en cuenta que esta especie ha sido reevaluada recientemente para Bolivia como En Peligro por la declinación evidente de sus poblaciones, la muy probable presencia del hongo y otras amenazas, lo que hace necesario tomar medidas urgentes para su conservación.

#### e. Peces

En las zonas altas de la región andina la familia Cyprinodontidae, esta representada por el género *Orestias*. Parenti (1984), reconoce a 43 especies del género *Orestias* en la región andina; de ellas más de la mitad es endémica de la cuenca del lago Titicaca y de ellas, 23 son conocidas sólo en el lago. Varias de estas especies se encuentran también en los ríos y lagos de la región altoandina; donde los ríos se caracterizan por un régimen torrencial estacional, pH neutro y la salinidad moderada; estas características permiten la proliferación de microcrustaceos y fases larvianas de insectos que se constituyen en el alimento primordial de *Orestias*.

De acuerdo a las características e intervención del área de estudio, uno de los grupos de fauna vertebrada silvestre menos diversa de la región son los peces, a pesar de los distintos tipos de sistemas acuáticos existentes en el área (ríos, lagunas y bofedales). Aunque esta ausencia de riqueza ictica es característica de ecosistemas altoandinos, la introducción de la trucha, una especie exótica y depredadora, ha resultado en la eliminación de especies nativas en muchas partes de los Andes. A partir de 1939, habrían sido introducidas al lago Titicaca cuatro especies de truchas arco iris, provenientes probablemente de Estados Unidos; y desde 1969 los poblamientos de trucha en las lagunas de altura se iniciaron para la producción extensiva de la especie, con la finalidad de dar alternativas económicas y diversidad en la alimentación a la población local (Van Damme, et al. 2009).

Una sola especie nativa *Orestias agassii* (con categoría de amenaza **Vulnerable**) es la que aun se encuentra en la sección superior de los ríos Suriquiña, Khullu Cachi, y Jacha Jahuira. La especie también fue reportada por De La Barra et al. (2009), cuyas colectas de los ejemplares se realizaron en el río Jacha Jahuira, afluente de la laguna Hichu Kkota. Esta especie forma parte de la familia Cyprinodontinae y se las reconoce fácilmente por la escamadura irregular en la cabeza, usualmente sin escamas por delante de las órbitas y ausentes a cada lado de la aleta dorsal. Su coloración es variable, desde tonos amarillentos (en individuos pequeños), hasta oscuros con el vientre blanquecino en adultos. Al respecto, los pobladores indican que “antes” (aproximadamente hace unos 30 años), en la mayor parte de los ríos de la cuenca alta, habían Carachis de varios tamaños (*Orestias* sp), hasta de un tamaño de 20 cm aproximadamente (posiblemente se trato de una sola especie en estadios de juvenil y adulto), con presencia sobre todo en la Laguna Khotia Khota y en todo el trayecto del río Suriquiña; pero actualmente su distribución está muy restringida a las cabeceras de cuenca. Aparentemente, su población habría sido desplazada por la trucha (*Oncorhynchus mykiss*), de hábitos carnívoros.



Fot. 4.4-17 Ejemplar de carachi (*Orestias agassii*) colectado en la cuenca alta del río Suriquiña.

A partir de 1939, habrían sido introducidas al lago Titicaca cuatro especies de truchas arco iris, provenientes probablemente de Estados Unidos; y a partir de 1969 los poblamientos de trucha en las lagunas de altura se iniciaron para la producción extensiva de la especie, con la finalidad de dar alternativas económicas y diversidad en la alimentación a la población local.

En la zona de estudio, existen varias lagunas; donde, desde hace varios años se está promoviendo la actividad piscícola extensiva. Es el caso de la laguna Khara Khota, donde los pescadores están organizados y periódicamente siembran alevines de trucha, que cuando tienen el tamaño adecuado, son comercializadas a algunos supermercados de la ciudad de La Paz.



Fot. 4.4-18 Siembra de alevines de trucha en Laguna Khara Khota.

#### 4.4.4.6 Principales usos de la fauna por parte de los pobladores locales

Distintos animales nativos e introducidos de la Puna tienen uso mágico, medicinal y ritual; a los mismos incluso se los puede encontrar en los mercados de la ciudad de La Paz, para la aplicación de distintos usos.

Algunas especies de fauna silvestre de la zona de estudio son utilizadas por los pobladores para diferentes fines, ya sea como medicina, adornos, amuletos y simplemente como alimento (Tabla 4.4-21).

Uno de los principales usos de fauna introducida es para alimento de consumo y comercialización; los pobladores de la parte alta de la cuenca obtienen la trucha de las lagunas o del río Suriquiña principalmente.



Fot. 4.4-19 Pobladores de la región del río Suriquiña, pescando truchas para consumo local.

Otros usos de la fauna silvestre, de manera general son los que se dan en toda la región andina; se presenta en la Tabla 4.4-21 los usos definidos por la población local.

**Tabla 4.4-21 Lista de la fauna utilizada para diferentes fines por los pobladores locales y en áreas circundantes**

Especies	Nombre común	Usos
<b>MAMÍFEROS</b>		
<i>Pseudalopex culpaeus</i>	Zorro Andino	El hocico se usa para la "tiricia" (tristeza) y el cuero para venderlo.
<i>Lagidium viscacia</i>	Vizcacha	Eventualmente es cazada para alimento.
<i>Lepus europaeus</i>	Liebre	Animales perjudiciales, cuando es cazada sirve de alimento.
<b>AVES</b>		
<i>Notoprocta ornata</i>	Perdiz	Es cazada para consumir carne y huevos.
<i>Anas flavirostris</i>	Pato	Es cazada para consumir carne y huevos.
<i>Lophonetta specularioides</i>	Pato	Es cazada para consumir carne y huevos.
<i>Vultur gryphus</i>	Cóndor	Hasta hace una década sus plumas eran utilizadas para

Especies	Nombre común	Usos
<i>Bubo virginianus</i>	Chuseka	ritos y danzas. Cuando se la ve o escucha es "malagüero" (que le ira mal).
<b>ANFIBIOS Y REPTILES</b> <i>Rhinella spinolosus</i> <i>Liolaemus spp.</i> <i>Tachymenis peruviana</i>	Jampatu Jarararanko Víbora, acero o aciru	Es colectada por los "Yatiris" para que llueva. Son colectadas por curanderos para torceduras. Su grasa se utiliza para el dolor de huesos, riñones y el tratamiento de inflamaciones.
<b>PECES</b> <i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha	Se la pesca para alimento de consumo y comercialización

Fuente: Pobladores locales de Palcoco

El uso de la fauna silvestre con fines mágicos, rituales, terapéuticos y de la alimentación, es una evidencia que aún existe de la constante interacción entre los habitantes locales y su medio natural, que demuestra la riqueza cultural de la región. El uso integral del ecosistema por parte de los habitantes, indica claramente la dirección que deberían seguir las políticas de conservación y uso sostenible de los recursos naturales.

#### 4.4.4.7 Principales amenazas a la biodiversidad de la fauna regional

El análisis de amenazas realizado en este acápite se refiere a las acciones que están incidiendo en la transformación de los ecosistemas naturales. Es decir, los procesos que están ocasionando una pérdida de biodiversidad, que puede incluir extinciones locales de algunas especies. En esta sección se analizan los efectos ecológicos de las diferentes intervenciones humanas.

Sin embargo, previamente es necesario indicar que esta transformación es considerada como parte de la evolución natural de las sociedades humanas. Por otro lado, la intervención humana no siempre ha modificado drásticamente los paisajes de manera negativa; frecuentemente también ha dado lugar a la formación de paisajes culturales con elementos de biodiversidad "nuevos" o "creados por el ser humano", como por ejemplo de embalses, una variedad de sistemas de cultivo de plantas y animales domesticados o lo que se ha venido a llamar como "agrobiodiversidad". En consecuencia, el mantenimiento de los componentes de la biodiversidad y cultura, en regiones gradualmente intervenidas, sólo es posible si hay una interrelación, manejo y conservación de los recursos naturales.

Considerando a las amenazas como factores externos que pueden influir en la biodiversidad de la región, se han identificado como principales amenazas a los siguientes factores:

##### a. Actividades ganaderas

Las actividades ganaderas no manejadas de ganado camélido y ovino, afectan prácticamente todas las formaciones vegetales de la cuenca alta, particularmente en los pastizales de laderas y bofedales de la Puna. Esto está relacionado con el pisoteo del ganado ovino por la presencia de pezuñas muy pesadas de estos animales que tienen impacto en el frágil mantillo y capa arable de estas formaciones vegetales.

La ganadería de especies no nativas como las ovejas, tiene efectos negativos sobre las plántulas de especies de matorrales y otras formas de vida porque los animales constantemente ramonean hojas tiernas y en ciertos casos llegan a matar las plántulas por esta acción y en otras por el constante pisoteo de las mismas. Las especies de matorrales y pastizales de las laderas parecen ser las más afectadas; contribuye a ello la escasa regeneración. En lugares con menor cobertura vegetal las pezuñas promueven la erosión del suelo. En definitiva, el ganado ovino contribuye esencialmente en la transformación del paisaje natural.

Fot. 4.4-20 Ganado ovino que frecuenta las zonas de pastizales en la cuenca alta de la zona de estudio.



En la zona se advierte una ganadería extensiva principalmente en las cuencas de Sora Khota y Khara Khota. El principal ganado de la región es el camélido (llamas), aunque también el ganado ovino en considerable cantidad. Las áreas de de bofedales, se encuentran altamente amenazadas por la sobrecarga en los bofedales de la ganadería extensiva, que ramonea estos ambientes.



Fot. 4.4-21 Ganado camélido en la región de estudio, ribera del Río Linku; en algunos sectores ha sobrepasado la capacidad de carga de los bofedales.

#### b. Especies invasoras

Las especies invasoras son aquellas foráneas o traídas de otros ecosistemas, donde el principal perjuicio es que compiten en la alimentación con la fauna local o autóctona. De cualquier modo, no todas las especies introducidas tienen efectos devastadores; con un adecuado manejo se puede aprovechar a las mismas. Sin embargo su efecto suele ser más adverso en ambientes muy aislados. En la zona de evaluación se destaca la

presencia de trucha (*Oncorhynchus* sp.), introducido al país en el Lago Titicaca y de ahí se fue dispersando naturalmente o por la práctica de la piscicultura a gran parte de la Puna. En la cuenca del Huayna Potosí, se ha observado Truchas en la Laguna Sora Khota y sus tributarios. Este pez, se caracteriza por una dieta carnívora, se alimenta incluso de alevinos de trucha y se le atribuye la disminución de las poblaciones de carachis (*Orestias* sp).

Sin embargo, también hay que resaltar que la crianza de la trucha se convirtió en una alternativa para diversificar la dieta alimenticia de los pobladores y para generar recursos económicos; ya que el producto es comercializado incluso en algunos supermercados de la ciudad de La Paz.

Otras especies invasoras son: el ganado porcino, que aunque fueron observados en poco número están causando daño a los bofedales; ya que por los hábitos alimenticios que tienen, deterioran la estructura de los mismos.

La Liebre (*Lepus europaeus*), es otro roedor foráneo que frecuenta campos de cultivos, tanto de la parte alta de la cuenca como de la zona ribereña del lago Titicaca. Los pobladores indican que en las dos últimas décadas las poblaciones de liebre se han incrementado, afectando a sus cultivos, por lo que es considerado como un animal perjudicial y plaga. No hay estudios de la interrelación que podría haber entre la liebre y los roedores nativos; pero se esperaría que las liebres están desplazando a los roedores nativos; aspecto que puede atribuirse a su tamaño y envergadura.



Fot. 4.4-22 Especies invasoras presentes en la zona de estudio (ganado porcino y la trucha)

### c. El Cambio Climático

En la última década con el cambio y la variabilidad climática global, existe la probabilidad de que se presente una escasez de agua, en función de la zona o época de impacto. Se pronostica en general, que el incremento de la temperatura propiciará una mayor demanda del recurso hídrico para consumo humano, para riego de las zonas agrícolas y para otros usos.

Cuando la demanda de agua exceda la cantidad disponible durante un tiempo determinado o cuando su uso se vea restringido por su baja calidad, estaremos frente a lo que se denomina estrés hídrico. El estrés hídrico provoca un deterioro de los recursos de agua dulce en términos de cantidad y de calidad (eutrofización, contaminación de la materia orgánica, intrusión salina, etc.).

El calentamiento global intensificará al ciclo hidrológico. “Esto significa cambios en los regímenes de precipitación, en su intensidad y en los extremos, y también en la humedad en el suelo y en el escurrimiento”. Este nuevo comportamiento inusual en el ciclo hidrológico del agua tiene un gran nivel de incertidumbre respecto de los escenarios de duración, las épocas cuando podrían esperarse, los totales anuales, su intensidad y la magnitud e impacto en los diferentes ecosistemas. La variabilidad climática afectará a los pequeños agricultores y comunidades campesinas. Consecuentemente los efectos también se manifestarán en la biodiversidad de los humedales y de ecosistemas terrestres; por lo que es posible se presenten migraciones o hasta extinción de especies, sobre todo las más vulnerables que se encuentran con categoría de amenaza.

#### d. Quemados estacionales

Esta práctica muy difundida en otras áreas de Bolivia, principalmente en tierras bajas tropicales; cuando no son un factor natural, también producen destrucción de hábitat y matan la mayoría de las especies vegetales originarias y fauna silvestre, como las lagartijas, topos, roedores y ranas, entre otros.

En nuestro estudio, incluso en tierras altas aledañas a la zona del proyecto, se advierten quemados, como las que se realizan en época seca, para “eliminar” los pastos secos en laderas sujetas a actividades agrícolas, como en el caso de las observadas en las laderas andinas de Suwachata y en otros sitios como las áreas cumbres de la Apacheta.



Fot. 4.4-23 Pastizales de la puna quemados por los campesinos cerca al camino que se dirige a Suwachata, Municipio de Pucarani.

#### e. Caza y pesca

En la región noreste del Municipio de Pucarani, se advierte la pesca del tipo subsistencia, es decir, para cubrir las necesidades alimentarias de las familias, para lo cual los pobladores usan cañas rudimentarias y construidas por los mismos pobladores, de los cuales, los jóvenes y niños suelen ocuparse de estas actividades.

La cacería de animales silvestres, ha pasado a una actividad casi olvidada; son muy raros los comunarios que aún realizan esta práctica. Sin embargo, en algunas ocasiones especialmente jóvenes y niños de la zona cazan vizcachas; y en alguna oportunidad (hace aproximadamente 8 años. Com pers. Comunario Palcoco) ingresaron a la zona cazadores ciudadanos en busca de vizcachas, liebres o posiblemente venados.

#### 4.4.4.8 Identificación de los sitios y espacios de interés para la conservación de la fauna silvestre local

Los ecosistemas presentes en la zona de estudio poseen especies particulares que han sido capaces de adaptarse a las condiciones de vida típicas del altoandino. Estos ecosistemas nos aseguran la disponibilidad de agua, forrajes y una variedad de especies silvestres, de plantas y animales, terrestres y acuáticos. Estos valores naturales son los que sustentan las actividades humanas actuales, tanto en la producción ganadera como la actividad agrícola. Algunos de los valores naturales más destacados son:

##### Ecosistemas naturales en general

- ✓ Matorral xeromorfo edafófilo de tholas (*Parastrephia*) o “tholar” propiamente en zonas relativamente extensas.
- ✓ Pajonales en zonas menos drenadas de laderas y en transición a bofedales, formado por *Deyeuxia* sp. y *Werneria* sp.
- ✓ Bofedales almohadillados o pulviniformes, desarrollados en relación a zonas permanentemente anegadas o con aguas estancadas mineralizadas, distribuidas en la mayor parte de los bordes de lagunas y ríos de curso lento. Dominados por *Oxychloe*.
- ✓ Bofedales planos o levemente almohadillados ricos en *Scirpus*, desde estacionalmente a prolongadamente anegados por aguas. Corresponden a las Vegas altoandinas propiamente.
- ✓ Comunidades acuáticas de aguas, en la periferie de charcas, lagunas y arroyos de curso muy lento, anegaciones de pocos centímetros de aguas (*Ranunculus* sp.)
- ✓ Comunidades en aguas más profundas, estancadas o levemente fluyentes, por ejemplo en los cursos fluviales dentro del bofedal (con *Myriophyllum* sp. y *Potamogeton* sp.)

##### Lagunas y humedales en general

En una región altoandina, los humedales como las Lagunas y bofedales constituyen los ecosistemas relevantes, que concentran y mantienen diversas manifestaciones de la biodiversidad local y regional, y son valores de primer nivel. Las lagunas altoandinas son elementos casi emblemáticos de la región, las mismas también se constituyen en atractivos turísticos y sitios de aprovisionamiento de carne de pescado. Los bofedales junto con las lagunas, constituyen humedales de primer orden, pero con un valor adicional al ser “paisajes culturales” ligados a la actividad de ganadería tradicional de los camélidos.

## Tholares

Al momento constituyen ecosistemas de matorral microfoliado de importancia, pues son proveedores de leña (energía alternativa) utilizada por la población local. También se constituyen en hábitats para determinadas especies de avifauna y algunos roedores.

## Especies amenazadas y de carácter emblemático

El venado, zorro, puma, el titi, la gallareta gigante y las dos especies de flamencos son muestras representativas de la riqueza biológica que la zona protege, como valores de gran importancia.

## Belleza escénica

Toda el Área presenta en todos los lugares y tramos numerosas manifestaciones de belleza paisajística, dada por el relieve, la textura y la abigarrada y diversa cromaticidad.

## Elementos geomorfológicos

Pueden mencionarse por su mayor relevancia: las montañas y sus formaciones rocosas erosionadas por el viento. En la parte superior de la cuenca, existe un extraordinario y singular paisaje fluvio-glacial.

### 4.4.4.9 Sitios de interés para la conservación de la fauna silvestre

Los sitios u espacios prioritarios para la conservación de la fauna local en este estudio, estuvieron relacionados principalmente a los humedales, debido al proyecto que se pretende implementar para construir una represa y sus consecuencias ambientales o impactos positivos y negativos que significan la implementación de la actividad. Se presenta en el mapa 9.4 la representación de la valoración conservativa, realizado en base a la presencia y distribución de la fauna (mamíferos y aves

El enfoque se centró a lo largo de los ríos principales de las cuencas Taypichaca y Khara Khota. En base al trabajo de campo, se identificó tres sitios prioritarios para la conservación de la fauna:

- ✓ La Represa de Taypichaca, pese a ser un ambiente artificial, se ha identificado como valores biológicos para la conservación, a una especie de ave, la Gallareta Gigante (*Fulica gigante*) una especie con categoría de amenaza; esta especie, también ha sido considerada para el monitoreo de la calidad de aguas en el Municipio de La Paz, debido a que puede ser utilizada como indicadora de la calidad de las aguas (Martínez 2012).
- ✓ El sector de las cascadas en un tramo del Río Suriquiña, donde existen referencias locales sobre la presencia del Pato de las Torrenteras (*Merganetta armata*), una especie con cierta amenaza (LC) a nivel global y también considerada para monitoreo de la calidad de aguas en el Municipio de La Paz (Martínez 2012).
- ✓ El Complejo de la Laguna Khotia Khota, Khara Khota, otras lagunas menores y bofedales, que albergan varias especies de aves acuáticas, como el esquivo Cheke Cheke (*Gallinago andina*), así como ser sitios de nidificación para esta especie y otras aves acuáticas como los Gansos Andinos (*Chloephaga melanoptera*) y otras aves pequeñas.

- ✓ La cordillera, donde se encuentra el majestuoso Tuni Condoriri, su presencia realza la zona como atractivo turístico y como hábitat en sus laderas de la taruja (venado con categoría de amenaza En Peligro). Si bien es un lugar para la práctica del trekking, para ingresar a la misma se atraviesa las cuencas objeto de estudio. Consecuentemente el área de ingreso, merece ser conservada para la permanencia del atractivo turístico.

#### 4.4.4.10 Resumen de resultados - Fauna

La fauna identificada en el presente estudio, son características de las ecoregiones de la Puna y Vegetación Altoandina, y su presencia está relacionada directamente al estado de intervención antrópica de los diferentes hábitats.

Históricamente los mamíferos carnívoros han sido perseguidos, porque las actividades pecuarias los han considerado y consideran como predadores del ganado doméstico y aves de corral.

Con el avance de las actividades humanas hay una disminución de muchas especies silvestres de las cuales se alimentaban los carnívoros. Esta disminución de especies silvestres presa y el aumento del ganado, lleva a que los carnívoros se volcaran a las nuevas presas mas y abundantes de obtener.

Si bien, la mayoría de las actividades humanas causan un efecto negativo sobre los carnívoros, su impacto es variable según la especie (Bisbal, 1993). En algunas zonas y bajo ciertas pautas de manejo, las actividades humanas no son necesariamente incompatibles, con la conservación de mamíferos carnívoros (Yalden, 1993).

Los carnívoros al tener un amplio territorio de acción, con algunas especies muy especializados e incidir sobre la abundancia y comportamiento de las poblaciones presa, ofrecen un buen motivo para conservarlos y estudiarlos y para entender el funcionamiento y estructura de este importante grupo.

Se ha definido que los hábitats mejor conservados son los que se encuentran en la parte superior de las cuencas Taypichaca y Khara Khota y gradualmente el estado de conservación disminuye con la intervención antrópica (agricultura y ganadería).

Los humedales como las lagunas altoandinas y bofedales son diversos en la presencia de fauna. En este estudio se ha determinado que los humedales, principalmente del Cantón Huayna Potosí, en general se encuentran en "buen estado" de conservación, pese a las actividades como la minería que operaban en el pasado (p.e. Mina Palcoco), cerca al área de estudio. Sin embargo, es necesario que para los efectos de los pasivos ambientales de minas anteriormente explotadas, no sigan causando impacto al entorno, las mismas sean remediadas

El acceso al agua es un derecho; sin embargo, los proyectos de suministro del líquido elemento a los pobladores del Municipio de El Alto o a otros sectores, se deberán encarar considerando la mitigación a los impactos y buscando alternativas para reducir los mismos. Y en la fase de operación se deberá implementar el monitoreo a todos los factores frágiles susceptibles de ser alterados.

En este sentido para salvaguardar el tema de la fauna, principalmente la avifauna acuática de la región se sugiere que la construcción de obras civiles como una nueva represa deberá ser ubicada en sitios que provoquen el menor impacto posible. Se debe tener en cuenta además, que varios ecosistemas como por ejemplo Laguna Sora Khota, se constituyen en albergues para especies nativas de aves acuáticas y otras migratorias estacionales, como es el caso de los flamencos andinos.

También es oportuno mencionar que el aprovechamiento sostenible de especies de animales silvestres criadas en cautiverio o semi-cautiverio en el ámbito rural, es una de las potencialidades que se enmarca en la conservación de especies y recursos genéticos. En el Altiplano boliviano, ya se han realizado experiencias de zoocriaderos con ciertas especies de aves silvestres como es el caso de la Pissaca (*Nothoprocta ornata*), con buenos resultados (Garitano-Zavala 2003, 2008). En la cuenca de la Laguna Sora Khota y extensas pampas y planicies adyacentes es muy común la presencia de la Pissaca, en varias oportunidades observamos individuos solitarios y parejas dispersas. Un emprendimiento que puede dar resultado es el aprovechamiento sostenible de la Pissaca en zoocriaderos, actividad que sería factible en la región para integrar a los pobladores locales con el uso de los recursos naturales previa una planificación adecuada.



Fot. 4.4-24 El carpintero andino (*Colaptes rupicola*), ave típica en ambientes abiertos y laderas de la región.

Fot. 4.4-25 Un ave carroñera, el Alkamari ó "María" (*Phalcoboenus megalopterus*) muy típica en el piso Altoandino y Páramo del Municipio de Pucarani.





Fot. 4.4-26 Un ave típica de ambientes parámicos y del Alto Andino, este ejemplar del Semillero Ala Blanca (*Diuca speculigera*).

Fot. 4.4-27 Avifauna asociada a ambientes acuáticos y bofedales de la región, como esta bandada de Gansos Andinos ó "Huallatas" (*Chloephaga melanoptera*).



Fot. 4.4-28 Una bandada de patos (*Anas flavirostris*) en pleno vuelo por encima de los humedales de la región.

Fot. 4.4-29 Una ave terrestre asociada a los ambientes acuáticos, la Remolinera de Ala Barrada (*Cinclodes fuscus*).



Fot. 4.4-30 Un aspecto de la diversidad de mariposas del Municipio de Pucarani (La Paz), como este ejemplar de *Junonia vestinia livia*.

Fot. 4.4-31 Una Paloma "Kurukuta" (*Metopelia ceciliae*) en ambientes antrópicos del valle de la región.





Fot. 4.4-32 Un ave conocida como Atrapamoscas (*Muscisaxicola griseus*) que forrajea en los bofedales

#### 4.4.5 Evaluación ambiental de humedales

##### 4.4.5.1 Introducción

Los humedales son considerados dentro de los ecosistemas más importantes del planeta (Mitsch & Gosselink, 2000). Estos ecosistemas tienen diversas funciones, tales como el ciclaje de nutrientes, la retención de sedimentos, control de inundaciones, y proveer hábitat para vida silvestre. Muchas de estas funciones son importantes para las poblaciones, por lo tanto son valoradas como servicios ecosistémicos. Las actividades antrópicas que amenazan estas funciones incluyen, entre otras, la extracción de agua para la minería, la contaminación por vertido de residuos domiciliarios e industriales, y el uso no controlado para la agricultura; en algunos casos el conjunto de estas actividades han hecho desaparecer los humedales, en algunos sitios del planeta (CEA, 2005).

La definición de Humedales que se aplica en Bolivia proviene de la Convención RAMSAR (Iran, 1971), donde se definió a los humedales como: *“las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. Podrán comprender sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal”*. De acuerdo a esta definición en la zona de estudio se tendrían los siguientes tipos de humedales: lagunas, lagos, bofedales, ríos y embalses.

Considerando las características físicas de las regiones en Bolivia; nuestro país se caracteriza por presentar en su territorio un elevado número de humedales, con características propias de cada región.

La estructura de los humedales está dada principalmente por los componentes que lo constituyen, como flora y fauna acuática, vegetación ripariana, fauna terrestre asociada a la vegetación ripariana, componentes abióticos, y las interacciones que se generan entre cada uno de ellos. El funcionamiento corresponde a la expresión dinámica de la estructura

del humedal, a través de cambios en los flujos de materia y energía entre los diferentes componentes del ecosistema.

Los humedales son proveedores de numerosos servicios ambientales; uno de los principales servicios que ofrecen los humedales altoandinos es la provisión de agua, no solamente para el abastecimiento de las comunidades humanas residentes en sus alrededores, sino también para riego de los suelos agrícolas, la generación hidroeléctrica, y el consumo humano. Además del suministro de agua, los humedales proveen fibras vegetales, alimentos, recursos genéticos, almacenan y regulan caudales, capturan carbono y representan un invaluable patrimonio cultural por su significado espiritual y religioso. En los ecosistemas altoandinos son importantes espacios de vida y riqueza cultural, fecundos en simbolismos, mitología y valores espirituales para numerosas comunidades indígenas y campesinas.

Tales valores históricos y tradicionales, muchos de ellos directamente vinculados a los humedales, forman parte de la herencia cultural andina y deben ser tenidos en cuenta en el manejo del espacio natural. También es importante indicar que los servicios que proporcionan los humedales altoandinos no son limitados y que la degradación de estos ecosistemas traerá la pérdida no solo de fuentes esenciales de agua, sino de los otros múltiples beneficios que ofrecen dichos ambientes, incluyendo su potencial para recreación y el ecoturismo (MDS, 2000)

Los humedales de la región altoandina (principalmente lagos y lagunas), son los que han recibido mayor atención, conjuntamente con la cuenca del río Mamoré. En general la región altoandina, se caracteriza por ser en su mayoría "lacustre", ya que el paisaje acuático se halla dominado por lagos y lagunas de origen glacial y/o tectónico, que se ubican sobre todo en las cordilleras Occidental y Oriental. La red fluvial se relaciona principalmente con los ambientes lacustres actuando como afluentes de lagos y lagunas o como canales de conexión entre ellas.

Las lagunas altoandinas han sido estudiadas desde hace varias décadas, juntamente con otras lagunas de alta montaña. Algunos rasgos ecológicos de estos ambientes han sido destacados por Löffler (1961 y 1968), también resalta la influencia climática y litológica sobre el contenido de electrolitos en las aguas, los cuales son muy elevados debidos a la naturaleza volcánica del sustrato geológico.

En cuanto a las biocenosis acuáticas Löffler (1961 y 1966), indica que el fitoplancton muestra una prevalencia de formas cosmopolitas y que el número de especies es limitado. La vegetación macrofítica es poco variada aunque abundante y con varias especies endémicas.

La variabilidad del zooplancton es grande; los grupos más diversos en zooplancton son los cladóceros y rotíferos; estos se hallan sobre todo en lagunas pequeñas y aguas estancadas con presencia de oxígeno.

Respecto a la ictiofauna del altoandino, Sarmiento (1991), cita la presencia de dos géneros *Trichomycterus* y *Orestias*. Los ambientes lacustres varían desde pequeñas lagunas hasta grandes lagos; así también se destacan ríos que la mayoría desembocan en grandes lagos.

Dentro de los macroinvertebrados, que son los organismos menos conocidos a nivel sistemático en Bolivia, son más diversos los insectos. Su composición varía de acuerdo a la calidad del agua, al tipo de sustrato y vegetación acuática.. Así en las lagunas se encuentran generalmente proporciones equilibradas de moluscos, anfípodos, ostrácodos e insectos; y en los ríos son dominantes los insectos y los oligoquetos

#### 4.4.5.2 Objetivos

##### Objetivo general

Evaluar el estado ambiental de los humedales de las cuencas de Taypichaca y Khara Khota, integrando variables físicas, químicas y biológicas, para determinar su estado de conservación.

##### Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar los humedales de acuerdo a sus usos y grado de intervención antrópica.
- ✓ Determinar el grado de vulnerabilidad de los humedales relevantes en el área del proyecto.
- ✓ Caracterizar la calidad de las aguas de los humedales, en base a la evaluación de macroinvertebrados acuáticos.
- ✓ Proponer un Programa de vigilancia ambiental y monitoreo para los humedales frágiles, deteriorados y de uso actual.

#### 4.4.5.3 Area de estudio

El área de estudio se circunscribe principalmente a las Subcuencas Taypichaca y Kara Khota – Khotia kota; ambas se encuentran en la Provincia Los Andes, Municipios de Batallas y Pucarani, que forman parte de la la cuenca endorreica del Altiplano. La mencionada Provincia, se ubica en la ecoregión Puna, al sureste del Lago Titicaca. Esta región, principalmente está constituida por un área rural con diferente grado de intervención presencia de cultivos tradicionales, ganadería de camélidos y ovinos, lagunas altoandinas, bofedales represas y áreas de territorios montañosos con nevados y glaciares.

El clima es frío a templado, con una temperatura promedio de 7 a 9 °C, una precipitación promedio anual entre 500-1600 mm y número de meses áridos de 3 a 5 (Ibisch et al. 2003). En periodo de verano las serranías se caracterizan por la presencia de constantes lluvias, nevadas y granizos, que se precipitan generalmente en las partes altas de la cuenca.

#### 4.4.5.4 Evaluación ambiental de los humedales

Se realizó un análisis cualitativo y valoración jerárquica, mediante métodos de evaluación rápida de la condición ambiental de los humedales. Se señalan los criterios que se utilizó para evaluar la condición ambiental de los sitios de estudio:

### a. Grado de Vulnerabilidad

**Flujos de materia orgánica de origen antrópico:** Los humedales sustentan su estructura y funcionamiento a partir de los flujos de materia orgánica proveniente de los ecosistemas terrestres, en donde la calidad y cantidad de la materia orgánica que ingresa a los humedales se relaciona estrechamente con la estructura interna de los ecosistemas acuáticos. Por ende, cambios en la calidad y cantidad de la materia orgánica modifican potencialmente la composición de especies en los humedales. La presencia de vegetación exótica, obras civiles para retención o desvío de las aguas y descarga de Riles, afectan significativamente los flujos de materia orgánica.

**Análisis de la heterogeneidad espacial de los humedales a nivel de paisaje:** por heterogeneidad a nivel de paisaje debemos entender la configuración de ecosistemas, la presencia de meandros, lagunas, brazos secundarios, entre otros. En términos técnicos se establece la relación que a mayor diversidad hidráulica se genera mayor riqueza biológica.

**Vegetación hidrófila:** la estructura vertical y horizontal de la vegetación ripariana, determina la disponibilidad de alimento y refugio para la fauna terrestre.

**Presencia de Zonas Buffer:** Las zonas buffer amortiguan perturbaciones originadas en los ecosistemas terrestres. Esta función es desarrollada fundamentalmente por la vegetación hidrófila, a mayor extensión de vegetación hidrófila mayor es la capacidad de resiliencia de los humedales.

**Pulso inundación (régimen hidrológico):** El pulso de inundación genera eventos que modifican en forma significativa los humedales, dependiendo de la morfología de las cubetas y del tiempo de residencia, ocurrirán modificaciones en la estructura y funcionamiento del ecosistema.

**Conectividad intersistémica:** Entre los diferentes ecosistemas existe flujo de materiales, energía y especies, los cuales son fundamentales para la estructura y funcionamiento de los humedales. La interrupción de los flujos debido a diferentes actividades de origen antrópico, como los caminos, badenes, forestación con especies exóticas, proyectos inmobiliarios, entre otros, altera la sustentabilidad de los ecosistemas.

**Grado de naturalidad:** El paisaje de los humedales puede ser alterado por numerosos factores, como deforestación, movimientos de tierra, caminos, residuos sólidos y líquidos, construcciones, entre otros. Cada uno de ellos contribuye potencialmente a aumentar la vulnerabilidad de los ecosistemas.

La aplicación de esta metodología tiene dos etapas, la primera se debe llevar a cabo en gabinete y corresponde al cumplimiento de los siguientes pasos:

- ✓ Definición del área de estudio, sus límites y marco administrativo en que se inserta.
- ✓ Recopilación y revisión de información previa del área de estudio en relación a las temáticas que se abordan (biodiversidad, geomorfología, hidrología, uso de suelos, etc.)

- ✓ Apoyo de material gráfico como fotos aéreas y cartografía temática.
- ✓ Identificación de los actores relevantes vinculados a la temática ambiental, gestión administrativa y residentes del área involucrada en el estudio (autoridades, pobladores, ONG, etc.).
- ✓ La segunda consistió en el trabajo de campo, en el cual se dio al cumplimiento de los siguientes requerimientos:
- ✓ Contar con un mínimo de tres evaluadores, para realizar valoraciones en forma independiente.
- ✓ Reconocer y recorrer al menos el 80% del área de estudio.
- ✓ Realizar entrevistas con los actores relevantes identificados en la etapa anterior.
- ✓ Registrar gráficamente (cámara de video o fotográfica) el paisaje, los elementos naturales del sistema a evaluar, y las especies de flora y fauna más representativas del área de estudio.

La valoración de cada índice, será medida según identificación de las categorías que se consideraron para cada uno, con su respectivo valor (Tabla 3.2.22). Este valor fluctuará entre 0 y 3. El valor máximo (3), corresponderá en aquellos casos en que la variable implique un sistema severamente impactado o que exhibe atributos negativos, así, un valor mínimo (0), corresponderá al otro extremo, en que el sistema presenta una condición más favorable con la biodiversidad que sustenta, o bien exhibe mayor riqueza, todo lo cual refleja una mejor calidad ambiental. La valoración final corresponderá a un valor entre 0 y 1, el cual se obtiene al dividir el puntaje total ( $\sum$  del puntaje de todos los índices), por la  $\sum$  de los puntajes valorados. La  $\sum$  de todos los máximos puntajes medidos es 32.

La interpretación del valor final, corresponderá al “Grado de Vulnerabilidad del Ecosistema”, un valor igual a 0 significará una baja vulnerabilidad del ecosistema con un bajo a inexistente grado de deterioro (o una calidad ambiental buena) y un valor 1, será una alta vulnerabilidad del ecosistema con un alto grado de deterioro (o baja calidad ambiental). El Grado de Vulnerabilidad se relaciona inversamente con la riqueza de especies asociadas directamente con los ambientes acuáticos (ver línea base), ya que el índice mide la relación entre la heterogeneidad estructural y funcional y el nivel de perturbación antrópica que presentan los humedales. De este modo, un ecosistema que presente una elevada heterogeneidad espacial y temporal, y además, un bajo nivel de intervención antrópica, presentara potencialmente una mayor riqueza y una mayor resiliencia a las perturbaciones.

En el caso que un índice, a través de las variables que lo fundamentan, no sea evaluado o bien no se aplique, no deberá considerarse su valor máximo dentro del dividendo de la fórmula y así no será representado en el valor final.

**Tabla 4.4-22 Criterios de valoración ambiental para los humedales**

<b>I. Existencia de flujos de materia orgánica de origen antrópico hacia el humedal desde sistemas terrestres y fluviales</b>		
<b>Categoría</b>	<b>Variable</b>	<b>Valoración</b>
A	No existe evidencia	0
B	Presencia de plantaciones de especies exóticas (o fauna exótica). Presencia de ganadería en áreas adyacentes	1
C	Aporte de Riles en el cauce de tributarios del humedal o directamente sobre este	3
<b>II. Heterogeneidad espacial del humedal a nivel de paisaje</b>		
A	Espacio de agua irregular, con numerosos meandros formando islas y brazos.	0
B	Presencia de un espejo de agua de forma regular	3
<b>III. Vegetación Ripariana:</b>		
A	Vegetación ripariana de altura superior a los 20 cm. Desde el suelo y con una cobertura superior a los 50 %	0
B	Vegetación ripariana presenta alturas sobre los 20 cm. Desde el suelo y con una cobertura inferior al 50 %	1
C	Ausencia de vegetación ripariana	3
<b>IV. Zona Buffer</b>		
A	Presencia de una franja continua de vegetación asociada al cuerpo de agua, superior a 12 metros de ancho desde el espejo de agua hacia el área adyacente	0
B	Ausencia de zona buffer.	3
<b>V. Pulso de inundación</b>		
A	Evidencia de crecidas o inundaciones del espejo de agua (algas suspendidas sobre la vegetación macrófita, ripariana o en la zona buffer; formación de terrazas en las riberas del cuerpo de agua	0
C	Sin evidencia	3
<b>VI. Conectividad Intersistémica</b>		
A	Flujos materia y especies no están interrumpidos	0
B	Presencia de barreras temporales que fragmentan el paisaje que fragmentan el paisaje, interrumpiendo el flujo de especies	2
C	Presencia de barreras permanentes que fragmentan el paisaje, interrumpiendo el flujo de especies	3
<b>VII. Grado de naturalidad</b>		
A	Sin perturbación	0
B	Evidencia de deforestación en la cuenca	1

C	Evidencia de movimientos de áridos en el cauce del río	2
D	Evidencia de movimientos de tierra en el humedal	3
E	Presencia de caminos u otro elemento que interrumpen los flujos hídricos hacia o desde el humedal	3

Fuente: Elaboración propia basada en SAG 2006

**b. Evaluación del Estado de Conservación, Valor Ecológico y Vulnerabilidad**

En esta evaluación, además de la observación de los diferentes elementos, se considera la evaluación de algunos aspectos importantes al momento de reconocer la importancia de dichos componentes. Previamente se definieron los componentes evaluados, dentro de un proceso sencillo, fiable, probado y que proporciona las herramientas de manejo / previsión, ante cualquier interacción de origen antrópico, esencialmente. Este trabajo no presume relevar otras herramientas aplicadas a las evaluaciones de EIA, sino complementarlas y orientarlas para una mejor aplicación de las medidas de intervención y mitigación. Para caracterizar los componentes se definirá como:

**Estado de Conservación (EC):** refiere al grado de naturalidad de un ambiente dado según la observación directa (en este caso) de la estructura de la unidad, vestigios de intervención humana, además de otras señales.

**Valor ecológico (VE):** es el valor aparente de un ambiente para la conservación del (buen) funcionamiento del sistema, Ej.: bofedal = retención de agua, queñual = lugares de acumulación de humedad, hábitat de fauna silvestre.

**Vulnerabilidad (V):** es el grado de transformación, que es susceptible de sufrir un determinado ambiente frente a una presión (antrópica) Ej. tala, extracción de áridos.

**Valoración aplicada:**

**Tabla 4.4-23 Valoración para la evaluación del EC, VE y V.**

VARIABLE	ESCALA DE VALORACIÓN		
	5 - 4	3	1
<b>EC</b>	<b>Muy bueno.</b> Poca o ninguna intervención. Ej.: queñual o tholar denso	<b>Intermedio</b> Tholar -pajonal	<b>Bajo</b> Trasformado, erosionado, etc. Ej. Cultivos, cárcavas, frankenial
<b>VE</b>	<b>Muy alto.</b> Clave para el funcionamiento ej. Bofedal	<b>Intermedio</b> Tholar ralo	<b>Bajo</b> Trasformado, erosionado, etc. Ej. Cultivos, cárcavas, frankenial
<b>V</b>	<b>Muy alto</b> Sufrirá transformación total	<b>Intermedio</b> En transformación o con impactos presentes	<b>Bajo</b> Trasformado, modificado del original erosionado, etc. Ej. Cultivos, cárcavas, frankenial

**c. Evaluación de la calidad de aguas mediante invertebrados acuáticos**

La calidad del agua o calidad ecológica es un indicador de suma importancia para tocar aspectos de los ecosistemas y el bienestar humano como la salud de una comunidad, los alimentos que se producen, las actividades económicas, la salud del ecosistema y la

biodiversidad. Por lo tanto, la calidad del agua también es influyente en la determinación de la pobreza humana, la riqueza y los niveles educativos. Desde una perspectiva de gestión, la calidad del agua se define por su uso final deseado; en consecuencia, el agua para la recreación, la pesca, la bebida y hábitat para los organismos acuáticos requieren mayores niveles de pureza, mientras que para la energía hidráulica, las normas de calidad son mucho menos importantes. Por esta razón, la calidad del agua tiene una definición amplia. Y valoración de la calidad ecológica se refiere a la evaluación de la naturaleza, química, física y biológica del agua, en relación con su calidad natural, efectos humanos y uso (UNESCO/WHO/UNEP 1992).

Es necesario señalar también, que el cambio climático es un proceso que está afectando la calidad ecológica, puesto que existirá mayor concentración de los contaminantes (sedimentos, nutrientes, pesticidas, sales, metales pesados, y otros) por la reducción de los caudales. En la actualidad se está evidenciando un desequilibrio en el ciclo hidrológico (inundaciones, sequías), producto del incremento de las temperaturas afectando la disponibilidad del agua en las cuencas.

En Bolivia, los ríos son los ecosistemas más degradados en su calidad ecológica, producto de la contaminación especialmente en la cuenca endorreica, donde la perturbación de los ecosistemas generalmente se da por la actividad minera en toda la región y por los productos de la contaminación orgánica proveniente de los desechos domésticos, industriales e incluso la ganadería.

Para determinar la calidad de las aguas se realizaron colectas de macroinvertebrados acuáticos en los diferentes ríos de las cuencas estudiadas, se eligieron de acuerdo a las características 16 estaciones de muestreo. Las estaciones evaluadas se eligieron según un gradiente altitudinal y longitudinal con el fin de detectar variaciones en la calidad del agua y en la composición de los macroinvertebrados. En cada estación se buscaron sitios representativos que reflejen la heterogeneidad de hábitat para la fauna de macroinvertebrados. La evaluación de la calidad de las aguas se basó en el método BMWP/Bolivia propuesto por Rocabado & Goitia, 2012.

#### **d. Parámetros fisicoquímicos**

In situ se midió la transparencia, altura en el sitio de muestreo, características del sustrato y se obtuvo muestras de agua (500 cc) para determinar parámetros químicos en el Laboratorio de Calidad Ambiental de la UMSA dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA).

#### **e. Parámetros biológicos**

Los macroinvertebrados se colectaron en cada estación con el objetivo de obtener una muestra cuantitativa, para esto se utilizó la red Surber, con una apertura de malla de 250 µm y con una superficie de muestreo de 0,1 m<sup>2</sup>. En cada estación se realizaron tres submuestras representativas, estas se tomaron en diferentes hábitats como diferentes tipos de vegetación o tipos de corriente. Todas las muestras se etiquetaron, se fijaron con alcohol al 45% y se transportaron hasta su evaluación. Para el muestreo de macroinvertebrados en aguas que circulaban los bofedales se utilizó el método Corer Sampler.



Foto 4.4-33 Métodos de colecta para macroinvertebrados acuáticos (red surber y red de mano)

**f. Índice BMWP/Bol**

El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) se instituyó en Inglaterra el año 1970, como un método simple que asigna un puntaje a todos los grupos de macroinvertebrados identificados al nivel de familia, teniendo como requisito datos cualitativos de presencia o ausencia. El puntaje asignado va de 1 a 10 de acuerdo a la tolerancia a la contaminación. Las familias más sensibles tienen una puntuación de 10 y las menos sensibles de 1. AlbaTercedor & Sánchez Ortega 1988, realizaron la adaptación de éste índice y lo llamaron BMWP'. En Suramérica a partir de estos lineamientos se realizaron diferentes adaptaciones de acuerdo a la fauna existente en los ríos de Argentina, Colombia, Venezuela, siendo solamente algunas referencias de los muchos de estudios realizados.

Una de las ventajas de este índice es que solamente se requiere la identificación a nivel de familia y el valor se obtiene por la suma de puntuación correspondiente a cada familia que habita en el tramo objeto de estudio. La tabla siguiente presenta los valores de sensibilidad/tolerancia establecidos para el BMWP/Bol, elaborada a partir de una amplia base de datos de ríos ubicados en las cuencas del Amazonas, Altiplano y del Plata, además de la ponderación con los valores asignados por otros estudios realizados en la región Neotropical. Se tomaron en cuenta publicaciones científicas internacionales y nacionales así como informes técnicos y tesis universitarias, basadas en estudios sobre la integridad ecológica de ríos y sobre impactos ambientales en las cuencas de Bolivia.

Tabla 4.4-24 Lista de la fauna de macroinvertebrados y los valores asignados para indicar el grado de contaminación propuesto para el índice BMWP/Bol.

Clase / Orden	Fauna de Bolivia	BMWP/Bol
Ephemeroptera	Oligoneuridae	10
Plecoptera	Gripopterygidae, Perlidae	
Trichoptera	Odontoceridae	
Coleoptera	Psephenidae	9
Diptera	Athericidae, Blephariceridae	
Trichoptera	Calamoceratidae, Hydrobiosidae, Leptoceridae, Xiphocentronidae	
Coleoptera	Ptilodactylidae	8
Ephemeroptera	Leptophlebiidae, Euthyplociidae, Polymitarcyidae	
Trichoptera	Helicopsychidae, Psychomyiidae, Glossosomatidae, Philopotamidae, Polycentropodidae	
Diptera	Simuliidae	7
Odonata	Gomphidae, Polythoridae, Megapodagrionidae	
Ephemeroptera	Leptohyphidae	
Coleoptera	Hydraenidae, Scirtidae	6
Megaloptera	Corydalidae	
Odonata	Calopterygidae	
Trichoptera	Limnephilidae, Hydroptilidae	5
Odonata	Aeshnidae, Coenagrionidae, Libellulidae	
Gastropoda	Ancylidae	
Hemiptera	Corixidae, Naucoridae, Notonectidae, Mesovellidae, Hebridae	4
Diptera	Dixidae, Psychodidae	
Coleoptera	Dryopidae, Lutrochidae	
Ephemeroptera	Baetidae	3
Coleoptera	Elmidae, Staphylinidae, Dytiscidae, Noteridae	
Lepidoptera	Pyrallidae	
Trichoptera	Hydropsychidae	2
Diptera	Tipulidae	
Hemiptera	Belostomatidae, Gerridae, Nepidae, Veliidae	
Gastropoda	Hydrobiidae, Ampullaridae	1
Ephemeroptera	Caenidae	
Coleoptera	Hydrophilidae, Halplidae, Heteroceridae, Gyrinidae	
Diptera	Ceratopogonidae, Dolichopodidae, Empididae, Tabanidae, Stratiomyidae	1
Hemiptera	Pleidae, Gelastocoridae	
Hidracarina		
Gastropoda	Planorbidae, Physidae, Lymnaeidae	1
Decapoda	Aeglididae, Palaemonidae	
Veneroidea	Sphaeriidae	
Amphypoda		1
Ostracoda		
Tricladida	Planariidae	
Nematoda		1
Diptera	Muscidae	
Hirudinea	Glossiphoniidae	
Diptera	Chironomidae, Culicidae, Ephydriidae	1
Bivalvia	Hyriidae	
Oligochaeta		

Las clases y la calidad de agua de acuerdo a la presencia de macroinvertebrados acuáticos estará representado por:

**Tabla 4.4-25 Parametros calidad de agua**

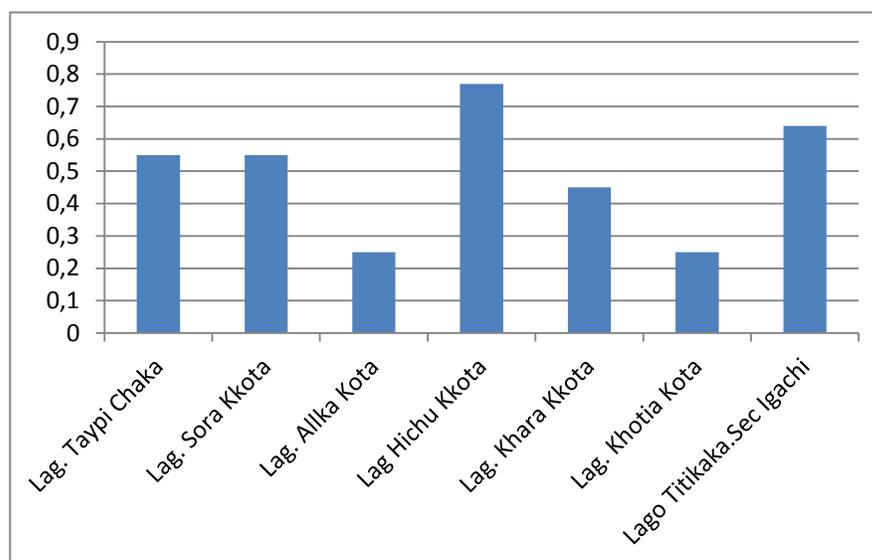
Clase	Calidad	BMWP/Bol	Significado	Color
I	Buena	>120 101-120	Aguas muy limpias. No contaminadas	<b>AZUL</b>
II	Aceptable	61-100	Se evidencia algún efecto de contaminación	<b>VERDE</b>
III	Dudosa	36-60	Aguas contaminadas	<b>AMARILLO</b>
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	<b>NARANJA</b>
V	Muy Critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	<b>ROJO</b>

#### 4.4.5.5 Resultados

##### a. Grado de Vulnerabilidad

Como se menciona anteriormente un valor igual a 0 significará una baja vulnerabilidad del ecosistema, con un bajo a inexistente grado de deterioro, es decir una calidad ambiental muy buena; y un valor 1, significará una alta vulnerabilidad del ecosistema con un alto grado de deterioro (o baja calidad ambiental). El Grado de Vulnerabilidad se relaciona inversamente con la riqueza de especies asociadas directamente con los ambientes acuáticos.

La evaluación realizada de las principales lagunas y lagos donde se pretende implementar el proyecto dio los siguientes resultados:



**Fig. 4.4-9 Resultados del grado de vulnerabilidad en las principales lagunas del área del proyecto**

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que las lagunas que están cercanas a las poblaciones (estancias) y a caminos, son las que presentan una mayor vulnerabilidad; en cambio, lagunas alejadas de centros poblados y otras actividades antrópicas tienen menor vulnerabilidad; es decir, están mejor conservadas y reciben menor cantidad de impactos antrópicos.

En general las amenazas comunes que se han identificado hacia los humedales de las cuencas Taypichaca y Khara Khota son:

- ✓ Erosión de los suelos
- ✓ Disminución de caudales en ríos
- ✓ Disminución o aumento de niveles en acuíferos
- ✓ Efecto barrera (embalses, tranques relaves, caminos)
- ✓ Modificación régimen hidrológico (obras de regulación, extracciones, etc)
- ✓ Alteración de los patrones de drenaje
- ✓ Fragmentación del hábitat
- ✓ Alteraciones de los patrones de sedimentación en ríos y lagos
- ✓ Pérdida de suelos por expansión urbana y agrícola
- ✓ En sectores específicos, destrucción de cajas de ríos por extracción de áridos para construcción
- ✓ Obstrucción de ríos por actividad agrícola
- ✓ Sobreutilización del recurso suelo
- ✓ Disminución capacidad de infiltración de suelos por pérdida de vegetación
- ✓ Sobreutilización de recursos forrajeros en comunidades
- ✓ Inundaciones y erosión lateral de ríos
- ✓ Crecimiento de áreas urbanas
- ✓ Sedimentación de ríos y lagunas

En el sector Suroeste del área del proyecto, colindando con el Lago Titikaka, sector Toquiriri; la actividad agrícola es generaliza, al igual que las áreas urbanas que se han expandido en toda la región. La mayoría de los bofedales han sido remplazados por áreas de cultivos e incluso en los lugares se han construido viviendas.

#### **b. Evaluación del Estado de Conservación, Valor Ecológico y Vulnerabilidad**

En base al recorrido a la zona del proyecto, se realizó la “**evaluación general**” de los elementos presentes “Humedales” (lagos y bofedales), considerando el Estado de Conservación, Valor Ecológico y Vulnerabilidad de las diferentes elementos de observación.

**Tabla 4.4-26 Escala de Valoración**

VALORACIÓN	ELEMENTO DE OBSERVACIÓN	UNIDAD EVALUADA	EC	VE	V	PERTURBACION OBSERVADA / ESPERADA	
5	Muy alta	Lagunas	Lagunas	4	4	3	3
		Bofedal	Bofedal	4	5	3	3
		Ríos	Ríos	4	4	3	3
3	Intermedia	Pastizal	Pastizal	3	3	3	3
1	Baja	Zonas inundadas	Pastizal	3	3	3	3
		Antropica	Cultivos	1	1	1	1

Fuente: Elaboración Propia

Se utilizo la anterior tabla para la evaluación del Estado de Conservación (EC), Valor Ecológico (VE) y Vulnerabilidad (VU), para los diferentes unidades vegetacionales en el área del proyecto.

A partir de los elementos considerados, se propone la evaluación de 2 aspectos esenciales para diseñar las medidas de intervención, en el área del proyecto, dentro de un ecosistema con o sin intervención; donde se considera los siguientes valores:

**Tabla 4.4-27 Prioridades de manejo y perturbación observada según los valores asignados.**

VALOR	PRIORIDAD DE MANEJO	PERTURB. OBS. / ESPERADA
<b>5</b>	<p><b>MUY ALTA</b></p> <p>Se requiere de medidas de mitigación puntuales El área es prioritaria para su conservación por su EC, VE y V. Su alteración sin mitigación puede producir daños irreversibles Son zonas que requerirán de medidas de recuperación mediatas Las medidas de manejo deben ser integrales tanto biótica / abiótica El manejo debe ser monitoreado.</p>	<p><b>MUY ALTA</b></p> <p>El impacto actual es nulo o imperceptible El impacto puntual será total, de observación inmediata Son áreas muy sensibles a cualquier perturbación Son zonas que requieren de medidas de mitigación /recuperación, a corto plazo La perturbación debe ser monitoreada</p>
<b>3</b>	<p><b>INTERMEDIA</b></p> <p>El área se encuentra en proceso sucesional (recuperación natural) Debe tratarse de no intervenir esta recuperación El manejo debe ser monitoreado Las medidas de manejo deben ser integrales biótica / abiótica, para promover su recuperación Participación comunal, si la hay.</p>	<p><b>INTERMEDIA</b></p> <p>Son áreas con presencia de perturbación El impacto puntual será parcial Perturbación presente en mosaicos Son zonas que requieren de medidas de recuperación La perturbación será monitoreada</p>

VALOR	PRIORIDAD DE MANEJO	PERTURB. OBS. / ESPERADA
1	<p><b>BAJA</b></p> <p>Esta está degradada no requiere medidas de manejo por la apertura del GCC</p> <p>Em embargo medidas de restauración son recomendables para el mantenimiento del funcionamiento del ecosistema</p> <p>medidas de manejo deben ser integrales biótica / abiótica</p> <p>ocupación comunal, si la hay</p> <p>Manejo debe ser monitoreado</p>	<p><b>BAJA</b></p> <p>ambiente se encuentra completamente alterado</p> <p>urbación de origen antrópico</p> <p>hay impactos recurrentes por la actividad principal</p> <p>zonas que requieren de medidas de recuperación</p> <p>erturbación será monitoreada</p>

Fuente: Elaboración Propia

### c. Características físico-químicas y macroinvertebrados acuáticos

El **pH** de las estaciones de muestreo se caracteriza por tener valores de neutros a alcalinos, entre 6,5 a 7.7. Entre las estaciones evaluadas Qullucachi presento los valores altos; mientras que en el bofedal de Piakuani Pampa se registraron los valores más bajos. La **conductividad eléctrica** varía de 21 a 84  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , este parámetro está en función a las características geológicas de las cuencas, aunque también influyen los pasivos ambientales de minas que no están en actividad; los valores mas altos se registraron en el río Ajwani (sector Suriquiña). Los análisis de las muestras se adjuntan en el Anexo 2.

El sustrato dominante en todas las estaciones de muestro está representado por grava, arena y piedra, en orden de abundancia; estos componentes de los ríos también son factores que determinan la presencia de macroinvertebrados acuáticos. En los bofedales, por donde circula el agua, el sustrato dominante es la arena y en menor proporción la grava. En estos ecosistemas también hay sectores con aguas casi estancadas, sectores favorables para la presencia de macrófitas. Un resumen de las características física-químicas, de las estaciones de muestreo se presenta en el Cuadro siguiente:

La presencia, condición y cantidad de cierto grupo de **macroinvertebrados acuáticos** u otros de vida acuática puede proporcionar información precisa sobre la salud de un cuerpo de agua (ríos, arroyos, lagos, humedales, etc.). Es decir, son las características biológicas que se utilizan para comprender los factores de su ambiente.

Las especies indicadores son aquellas que ayudan a descifrar cualquier fenómeno o acontecimiento actual (o pasado) relacionado con el estudio de un ambiente. Estas especies tienen requerimientos físicos, químicos, de estructura o tipo del hábitat y de relaciones con otras especies.

Por tanto, la bioindicación es el empleo de los organismos para evaluar y monitorear la calidad del agua, utilizándolos como indicadores de los cambios que la contaminación o eutrofización que causan en sus poblaciones. Todos los organismos acuáticos pueden utilizarse como indicadores pero son los macroinvertebrados los más utilizados.

**Tabla 4.4-28 Características física químicas de las estaciones de muestreo**

Parametros/ Codigos	AG 1	AG 2	AG 3	AG 5	AG 6	AG 7	AG 11	AG 12	AG 13	AG 15	AG 17
Lugar de muestreo	Alka Kkota	Alka Kota	Taypichaca Kota	Ajwani	Linku Punku	Taypichaca Quta	Janko Kkota	Piakuani Pampa	Khara Kota	Suriquiña	Jachajahuira
Punto de muestreo	rio Alka Kkota	rio Suruquiña	rio Quillucachi	rio Ajwani (Sect. Suruquiña)	rio Linku Punku	rio Quillucachi	bofedal	bofedal	rio ingreso a Laguna	bofedal Pakuni	rio Jachajahuira
Coordenadas	X 574162 Y 8213923	X 573533 Y 8214486	X 568773 Y 8206933	X 572338 Y 8215082	X 564416 Y 8203528	X 564416 Y 8204944	X 574573 Y 8224606	X 571748 Y 8219688	X 568806 Y 8215691	X 567657 Y 8211286	X 557868 Y 8208511
Codigo Laboratorio (LCA)	36-1	36-2	36-3	44-1	44-2	44-3	51-1	51-2	51-3	57-1	57-2
Fecha de muestreo	04/04/2013	05/04/2013	05/04/2013	13/04/2013	13/04/2013	14/04/2013	20/04/2013	20/04/2013	21/04/2013	27/04/2013	28/04/2013
Hora de muestreo	13:49	11:20	14:10	10:30	14:16	10:43	15:30	12:16	14:45	11:00	10:00
Altura (msnm)	4546	4356	< 5.0	4335	4264	4176	4890	4466	4230	4519	4047
Color del agua	crystalina	crystalina	crystalina	crystalina-opaca	crystalina						
Sustrato	grava, piedra	grava, piedra, arena	grava, piedra, arena	grava, arena	grava, arena	grava, arena	arena	arena	piedra, grava, arena	arena	piedra, arena
Altura lugar de muestreo (cm)	41	36	39	29	30	40	38	31	42	29	38
Transparencia (cm)	total	total	total	total	total	total	total	total	total	total	total
pH	7.0	6.9	7.0	6.9	9.4	7.7	6.6	6.5	7.0	6.9	6.8
Conductividad electrica (µS/cm)	67,0	52,0	62	84	55	64	32	31	55	21	53
Sulfatos (mg/l)	19,0	15,0	15	20	14	14	7.3	9.2	14	< 1.0	12
Cloruros (mg Cl/l)	0.14	0.12	0.14	0.98	0.27	0.36	0.23	0.12	0.15	0.66	3.4
Nitratos (mg N NO3/l)	< 0.30	< 0.30	< 0.30	< 0.30	< 0.30	< 0.30	< 0.30	< 0.30	< 0.30	0.71	< 0.30
Nitritos (mg N NO2/l)	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010	< 0.010
Solidos Suspendidos (mg/l)	< 5.0	22,0	< 5.0	< 5.0	< 5.0	< 5.0	3.3	62	2.6	< 5.0	< 5.0
Indice calidad agua BMWP/Bol	43,0	62,0	71	57	97	30	43	64	63	39	62

Fuente: Elaboración Propia en base a datos de campo y análisis de laboratorio

La distribución de macroinvertebrados evaluados en los meses de abril y mayo del 2013 e identificadas hasta el nivel taxonómico de familia, se presenta a continuación:

**Tabla 4.4-29 Distribucion de los macroinvertebrados acuaticos en las estaciones de muestreo**

Clase	Taxa/estación	1	2	3	5A	5B	6A	6B	7	10	11	12A	12B	13	15	16	17	frec/taxón
Turbellaria	Planariidae	R		P	P			P	R	A				R		P		8
Hirudinea	Glossiphoniiformes	R		P		R		P				R	P		P			7
Oligochaeta	Haplotaxida	A	P	P	R			R		P			R	R	R	P	R	11
Insecta	Diptera Chironomidae	A	A	A	R	P		R		P		P		R	P		P	11
	Tipalidae	P		P				R						R			R	5
	Simuliidae	P				R					P		R	R			R	6
	Ceratopogonidae					R												1
	Empididae												R					1
	Tabanidae			R				R										2
	Muscidae												P		R			2
	Dolichopodidae		R								R							2
	Hemiptera, Corixidae							R				R				P		3
	Coleoptera, Elmidae	A	D	A	P	P	P	A	P	P		P	R	P	P	P	P	15
	Ephemeroptera, Baetidae	R	A	P	A	R	P		P	P	R	P	P	R	P		P	14
	Leptophlebiidae		P	P	A			P	P		P		P	P	P		P	10
	Plecoptera, Perlidae	R	P			R	P	P		A	A	P		P				9
	Trichoptera, Helicopsychidae						R	R										2
	Limnephilidae							A	P	A	A	P	P	P	A		A	9
	Hydroptilidae		P	P	P	R		R						R			R	7
	Leptoceridae		P	A	P			R										4
	Odontoceridae		P										R					2
	Hidrobiosidae			R		R							R				R	4
Crustacea	Ostracoda															R	R	2
	Amphipoda, <i>Hyallela cf dentata</i>			A		P		A		A					A	A		6
Arachnoidea	Hidracarina sp.							R				R		R				3
Gastropoda	Ancylidae							R										1
	Planorbidae															R		1
Bivalvia				P				R								R		3
	<b>Total de taxones por estación</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>18</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo y laboratorio.

Raro (R) = hasta el 3 % de individuos en la muestra.

Poco(P) = hasta 10 % de individuos de la muestra.

Abundante (A) = hasta 50 % de individuos de la muestra.

Dominante (D) = hasta el 80 % de individuos de la muestra

La evaluación realizada muestra que los taxones con mas frecuencia en las estaciones de muestreo son: Elmidae, Baetidae, Oligochaeta, Chironomidae, Perlidae y Limnephilidae. Las estaciones que presentaron mayor diversidad de macroinvertebrados son: el río Qullucachi, Linku Punku (adyacente al Qullucachi), el río que ingresa a la laguna Kara Kkota y el río Jachajahuira. Los órdenes de **efemerópteros**, estuvieron representados en 15 estaciones, **plecópteros** en 9 estaciones y los **tricópteros** en 14 estaciones; estos grupos (EPT) se caracterizan por habitar en aguas en buen estado ecológico.

En aguas estancadas o de caudal lento, el taxón dominante de la comunidad es *Hyallela* (Hyallellidae) y otras especies no insectas como molusca. En estaciones con presencia de aportes de materia orgánica predominan macroinvertebrados adaptados a estas condiciones, dominada principalmente por dípteros de la familia Chironomidae.

La calidad de las aguas en base al índice BMPW/Bolivia, mostro los siguientes resultados:

**Tabla 4.4-30 Resultados de Calidad de agua**

Indice / Estacion de Muestreo	1	2	3	5A	5B	6A	6B	7	10	11	12A	12B	13	15	16	17
Indice BMWP / Bolivia	43	62	71	42	57	28	97	30	38	43	38	64	63	39	32	62
Clase	III	II	II	III	III	IV	II	IV	III	III	III	II	II	III	IV	II

Fuente: Elaboración propia

**d. Las macrofitas**

Las plantas acuáticas superiores representan un pequeño número de especies distribuidas principalmente en los bofedales y lagunas.

Una ciperácea llamativa que se encuentra en algunos sectores de los bofedales hidromórficos es la totora (*Shoenoplectus tatora*); esta es una especie enraizada en el sustrato acuático y que florece en la parte aérea; en algunos lugares se la utiliza como purificadora de aguas, por sus propiedades absorbentes. En las riberas del lago Titicaca también se la utiliza como especie forrajera; por sus características físicas los totorales sirven como lugares de refugio para aves acuáticas e incluso peces.

Las especies sumergidas habitan sobre todo en aguas estancadas y remansos de ríos, estas se caracterizan porque producen largos tallos que se desarrollan y se ramifican en el agua generalmente estancada o con muy poco movimiento, generalmente solo la floración la realizan en la parte aérea. En la zona de estudio se han encontrado pocos lugares con presencia de macrofitas sumergidas, sobre todo en lugares de aguas cristalinas, con profundidades mayores a 40 cm y con poco movimiento de agua; las únicas representativas son: *Elodea* sp., *Myriophyllum* sp. y *Potamogeton* sp.

Las especies flotantes, que también se las encuentra ocasionalmente en aguas estancadas es la *Lemna* sp., también llamadas lentejas de agua, por su tamaño pequeño y por tener forma de lenteja achatada; se caracterizan por poblar sitios con abundante materia orgánica, donde se desarrollan rápidamente e incluso hasta cubrir el espejo de agua. Están presentes en bofedales con aguas estancadas y remansos de vertientes con muy poco movimiento de agua.



Fot. 4.4-34 La totora (*Shoenoplectus tatora*) que crece en algunos sectores de la zona de estudio



Fot 4.4-35 *Myriophyllum* sp., que se desarrolla en aguas cristalinas y de poco movimiento

#### 4.4.5.6 Seguimiento ambiental

Los humedales altoandinos están ubicados preferentemente en cuencas donde la evaporación del agua es la principal pérdida. Este proceso genera diferentes niveles de afloramiento, desde los puntos de afloramiento de aguas subterráneas hacia los sectores de menor altitud (“lagunas de evaporación”), dando como resultado humedales con una extensión en superficie reducida, debido a la limitación en la disponibilidad de los recursos hídricos superficiales.

Desde un punto de vista ecológico, estos sistemas tienen una elevada riqueza de especies, debido a la heterogeneidad espacial, constituyendo áreas de concentración de la biodiversidad en la región puneña. La estrecha relación que se genera entre las comunidades biológicas y el medio físico, determinan la existencia de dinámicas únicas en cada ecosistema, sobre la base de la sustentabilidad temporal que le imprimen los afloramientos de aguas subterráneas. Las comunidades biológicas en los humedales de cuencas endorreicas, están distribuidas en subsistemas (“compartimientos”), donde se desarrollan redes tróficas específicas a las condiciones locales.

Es importante destacar que la interacción entre el escurrimiento de las aguas y la evaporación, producen fuertes gradientes de salinidad en el agua y suelo. Estos gradientes afectan en forma significativa la distribución espacial de los organismos.

Consecuentemente, los humedales debido a la importancia que tienen, deberían considerar la implementación de un programa de monitoreo mínimo, donde se debería considerar las siguientes variables:

**Tabla 4.4-31 Variables a considerar para un Programa de Monitoreo en los humedales altoandinos**

Variable	Diseño muestreo
Caudal	Controlar mensualmente en vertientes
Nivel freático	Controlar en periodo de actividad y latencia de la vegetación hidrófila
Humedad y salinidad del suelo	Controlar en periodo de actividad y latencia de la vegetación hidrófila
Área laguna terminal	Controlar en periodo lluvioso y de bajas temperaturas.
Conductividad eléctrica	Controlar en periodo lluvioso y de bajas temperaturas, en sector canal y laguna.
Altura de escurrimiento	Controlar en periodo lluvioso y de bajas temperaturas, en sector canal y laguna.
Composición y cobertura vegetación hidrófila	Controlar en periodo lluvioso y al final periodo de latencia
Cobertura macrófitas	Controlar en periodo lluvioso y de bajas temperaturas
Composición y abundancia fauna íctica	Controlar en periodo lluvioso y de bajas temperaturas
Composición y abundancia de avifauna	Controlar en periodo lluvioso y de bajas temperaturas
Biomasa microalgas bentónicas	Controlar en periodo lluvioso y de bajas temperaturas

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4.5.7 Resumen de resultados

El estado de conservación, valor ecológico y vulnerabilidad de los humedales de la cuenca de Taypi Chaca y Khara Khota, presentan diferentes niveles; lo que está influenciado por la cercanía a las actividades antrópicas.

En la evaluación realizada en la zona de estudio se han identificado a 28 taxas, casi todas identificadas hasta nivel taxonómico de familia. La estación de muestreo que presento la mayor cantidad de taxones se identificaron 18 familias; numero que coincide con el máximo número de especies realizadas en el estudio del HNB (2013), para la misma zona de estudio.

La calidad de las aguas, tiene directa relación con la presencia de macroinvertebrados acuáticos; especialmente especies de los órdenes Ephemeropteros, Plecopteros y Tricopteros, que sirven como indicadores de la calidad de las aguas de los ambientes lenticos.

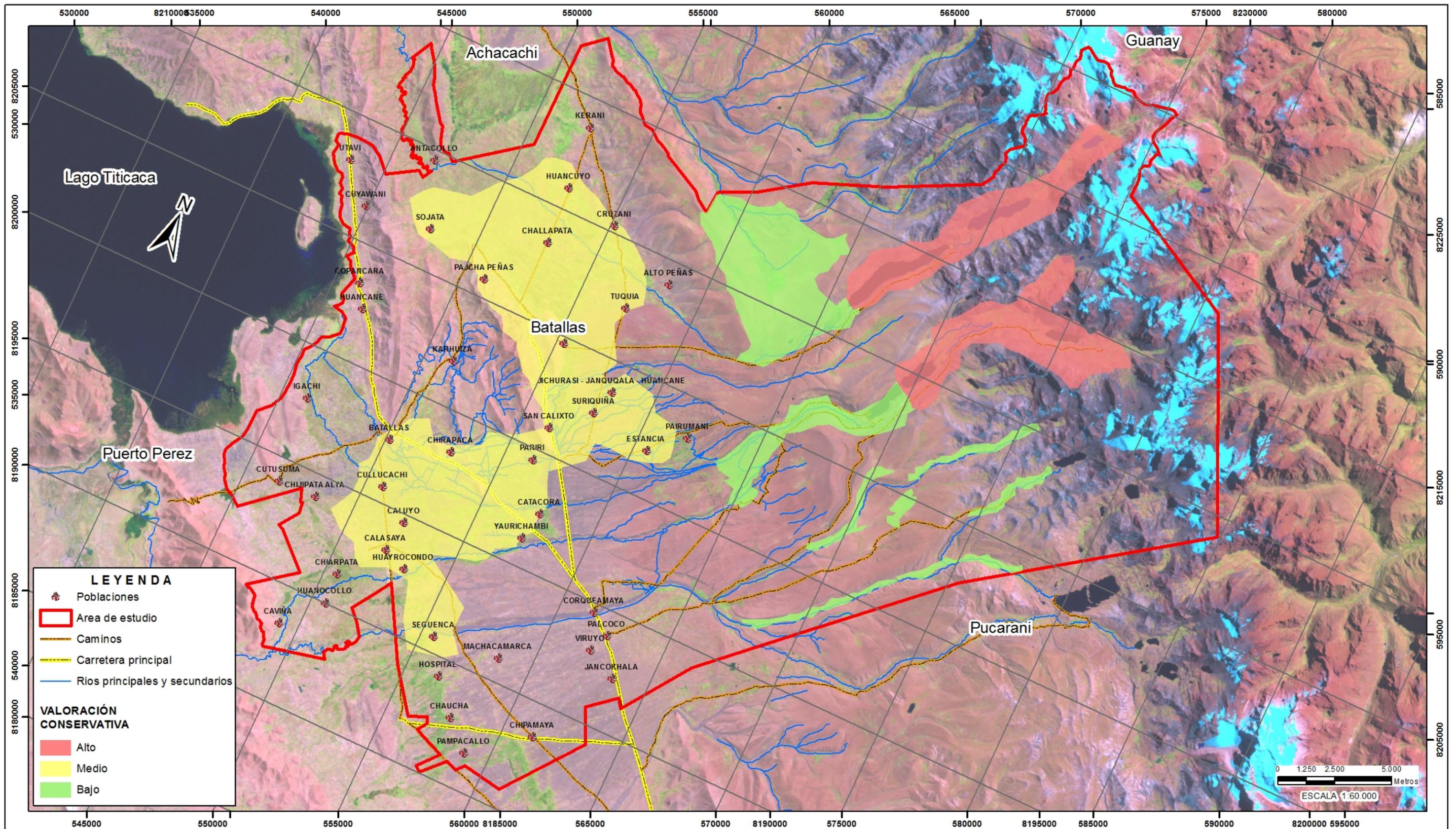
El índice de la calidad ecológica de las aguas BMWP/Bol, mostro que los ambientes acuáticos están dentro de las categorías II y III; lo que significa, aguas de calidad aceptable y dudosa.

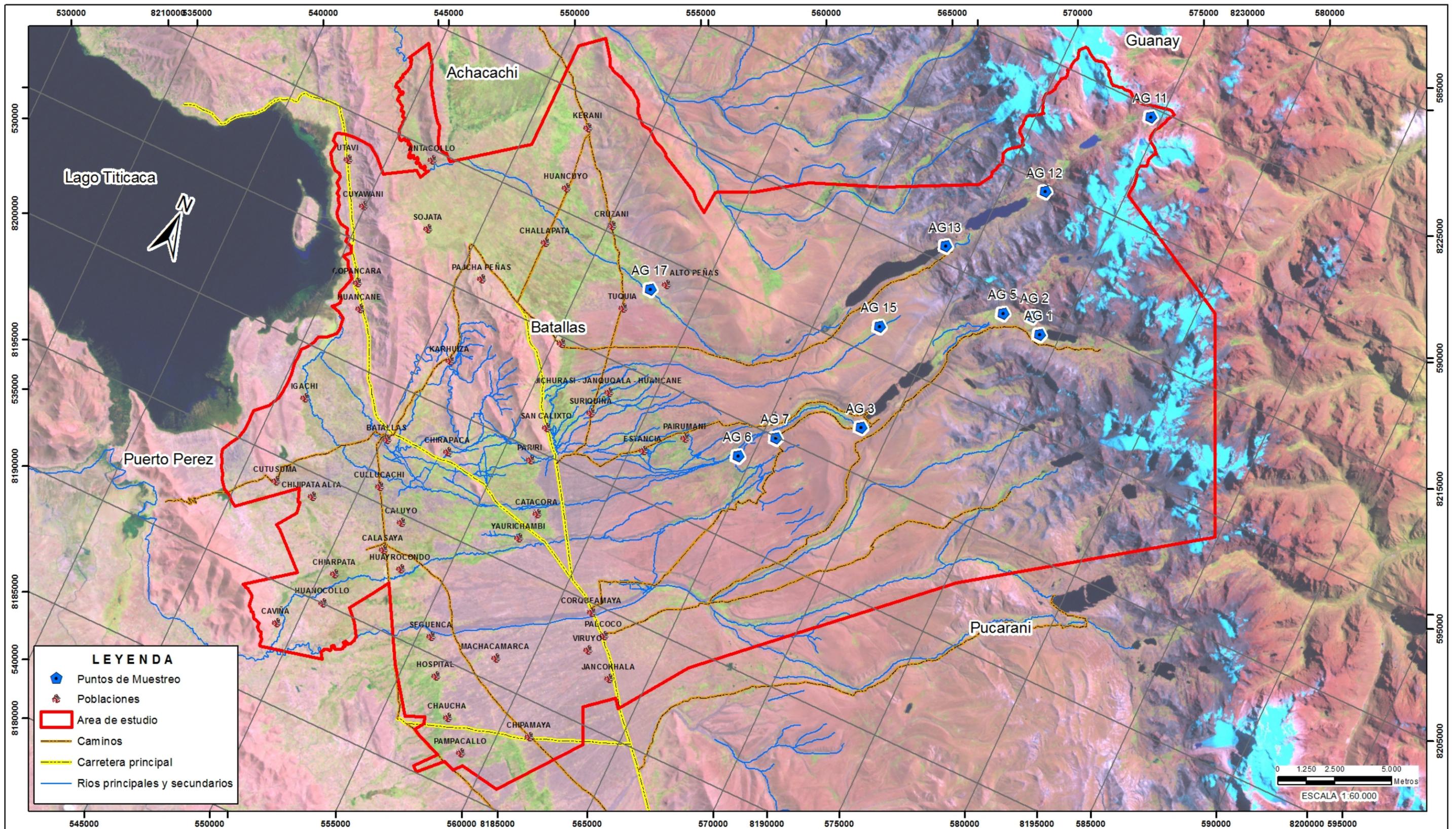
Los aportes de materia orgánica, provenientes de la actividad ganadera (sobrecarga), hacia los ríos y bofedales son significativos; esto podría ser la causa para que el índice de calidad BMWP/Bol, muestre un resultado como “calidad dudosa”.

Los humedales pueden ser representados como ecosistemas constituidos por componentes vivos (bióticos) y no vivos (abióticos), que interactúan activamente como una unidad ecológica. Estos componentes generan interacciones a través de las cuales son capaces de modificarse mutuamente, éstas determinan en último término los estados

futuros del ecosistema. La estructura de los humedales consecuentemente está dada principalmente por los componentes que lo constituyen, como flora y fauna acuática, vegetación ripariana, fauna terrestre asociada a la vegetación ripariana, componentes abióticos, y las interacciones que se generan entre cada uno ellos.

Definir los humedales a partir de la riqueza biológica de algunos componentes, como aves, insectos acuáticos y vegetación ripariana, no permitirá el adecuado entendimiento de la estructura de los humedales y por ende, limitará fuertemente el desarrollo de planes de manejo destinados a la conservación de los humedales. Más bien, la estructura de los humedales debe definirse en función de sus “elementos constituyentes” y las “interacciones biogeoquímicas” que se generen entre ellos.





## 4.5 MEDIO SOCIOECONÓMICO

### 4.5.1 Ambito Urbano – Municipio El Alto

El componente Agua Potable El Alto, tiene el objetivo de captar agua para la ciudad de El Alto, identificando una o varias fuentes de agua para complementar a las existentes y garantizar el abastecimiento a los sistemas actuales, razón por la que es necesario realizar una descripción de sus características socioeconómicas. El Alto es la Cuarta Sección Municipal de la provincia Pedro Domingo Murillo.

Para el presente informe se han revisado datos estadísticos disponibles a la fecha del Censo de Población y Vivienda 2012.

Adicionalmente se han utilizado los resultados de la encuesta de campo que ha incorporado datos respecto a actividad económica e ingresos en El Alto.

#### 4.5.1.1 Aspectos históricos

Para los habitantes de El Alto, compuesto por un gran porcentaje de aymaras, el concepto de espacio y tiempo son uno solo: la historia que marca un espacio y el espacio que marca la historia, por eso no hay que olvidar que el territorio que ocupan la ciudad de La Paz y El Alto son parte de lo que hoy todavía se denomina Jach'a Suyo Pacajes.

Desde la sublevación de Julián Apaza y el Cerco a La Paz, El Alto marca el lugar de la contienda frente a sus opresores; un siglo después el mismo espacio, el mismo rito: una concentración de indios aymaras que llegan a las pampas de El Alto para aclamar a Pando, quien ya había tejido alianza con Zarate Villca, es dispersado a bala por tropas de la caballería que sube desde La Paz, y como si el hecho tuviera que repetirse ritualmente con muerte, en octubre de 2003, el pueblo aymara se enfrenta al Estado Colonialista o Neoliberal con los mismos resultados.

Esa es la historia de El Alto, espacio y tiempo que jalonan el hecho histórico de enfrentar al opresor. De predio rural a ex-hacienda, luego periferia urbana de La Paz, después ciudad-dormitorio y de allí hasta el día de hoy, la ciudad de El Alto sigue la consigna "El Alto de pie nunca de rodillas".

En medio de este proceso, se concretan hechos importantes que van avanzando paso a paso, hasta constituir lo que será el futuro espacio urbano: 1904. Bolivian Galway construye el ferrocarril La Paz-Guaqui y La Paz-Arica. 1923 Se construye una pista de aterrizaje. 1924 El Lloyd Aéreo Boliviano establece sus oficinas y se funda un Club de Golf. 1933 Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos construye sus primeros galpones. 1935 Operan las líneas de aviación Braniff y Panagram y se realiza la primera parada militar.

Después de la guerra del Chaco en el periodo de los `40 a los `50, se registra el mayor crecimiento poblacional del área urbana de la ciudad de La Paz, que duplica a la registrada en el año 1928; este incremento poblacional es la que sube hasta las laderas y paso a paso la mancha urbana llega a la Ceja, inicio de lo que será El Alto. Por aquella época revolucionaria, El Alto era propiedad de hacendados en su mayor parte: Julio Téllez,

Jorge Rodríguez Balanza, Adrián Castillo Nava, Raúl Jordán Velasco, Francisco Loza, y la familia Zalles y serán estos mismos quienes inicien por esa época gestiones para urbanizar “sus propiedades”. El primero de ellos, Julio Téllez, fundó la urbanización de Villa Dolores (el nombre de su esposa), la fecha de creación fue el 14 de septiembre de 1942, siempre como parte del radio urbano de La Paz; allí empezó la historia de las más de quinientas urbanizaciones, que hoy conforman la ciudad de El Alto. Los nombres Adrián Castillo, Charapaquí, Allpaq Uma, Achupalla, Yunkuyo, Qallpani, Ingenio, Alto Lima, Río Seco, etc. son algunos de los nombres que van consolidando el espacio urbano de El Alto.

En la década de los 70, se nota un crecimiento acelerado, gracias al Plan de Emergencia de Vivienda, que construyó viviendas de interés social, se crean zonas urbanizadas como Ciudad Satélite y Río Seco, con el objetivo de expandir la ciudad de La Paz, hacia estos lados y reducir la presión en la que se encontraba. En la década de los años 80, se inicia la construcción de viviendas de interés social, en los Distritos 2 y 3, a favor de los empleados públicos, principalmente de provincias y de otros departamentos como Oruro y Potosí.

Otro de los hitos históricos, que permitió el crecimiento acelerado de El Alto es la Relocalización Minera (Decreto Supremo Nº 21060 de 1986), que causó un movimiento migratorio de familias mineras, hacia los centros urbanos, a zonas marginales sin servicios básicos. Por eso, aproximadamente el 40 % de la población total existente son inmigrantes de otros municipios del país y el mayor porcentaje de los mismos, son originarios de la Cultura Aymara del Departamento de La Paz y de los centros mineros del altiplano.

Durante los años 70, se acelera la ocupación del territorio. Se estima que más del 10 % de la población paceña vive en El Alto, el 3 de Mayo se crea la Sub-Alcaldía de El Alto. En esta misma década se elabora “El Modelo de Crecimiento”, que acentúa las tendencias espontáneas de crecimiento de la ciudad. El Modelo, visualiza a El Alto como área de extensión metropolitana, incorporándolo a las políticas de desarrollo urbano de La Paz.

En 1982 se crea la Alcaldía Distrital de El Alto, mediante Ordenanza Municipal y el 6 de marzo de 1985, El Alto se convierte en la Capital de la Cuarta Sección de la Provincia Murillo, instituyéndose la Honorable Alcaldía de El Alto y la Junta Municipal, con la posesión de las primeras autoridades municipales elegidas por sufragio general, dando lugar a la división administrativa de la metrópoli al elevarse a El Alto a rango de ciudad. (Fuente: PDM El Alto, 2006-2011).

#### **4.5.1.2 Aspectos culturales**

##### **Origen étnico**

El origen étnico de la población alteña es predominantemente aymará con un grado de autoidentificación superior del 74.25% para el 2001 y de 51,71% para el 2012 como se puede ver a en el siguiente cuadro:

**Tabla 4.4-1 Autoidentificación con pueblos originarios o indígenas, población mayor de 15 años (Total y porcentaje)**

Pueblo originario o indígena	Censo 2001		Censo 2012	
	Total	Porcentaje	Total	Porcentaje
Quechua	25,025	6.36	13,827	2,41
Aymará	291,977	74.25	296,297	51,71
Otro nativo	2,666	0.67	39,276	6,85
Ninguno	73,556	18.70	223,649	39,03
Población de 15 años o más	393,224	100	573,049	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos del CNPV 2001 y 2012

Como se observa, si bien el porcentaje que se autoidentifica como pueblo aymara es el más alto, existe una notable disminución para el año 2012, lo cual puede significar que es un centro de atracción de diferente procedencia.

También es importante el dato de que el 18.70% de la población no se identifica con ningún pueblo indígena cifra que para los actuales datos (Censo 2012) llega al 39,03% duplicando la inicial y el porcentaje que se reconoce de origen quechua ha disminuido de 6.36% a 2,41%. Mientras que otros grupos étnicos como el Guaraní, Mojeño entre otros tienen un porcentaje bajo de identificación, aunque tienen presencia en esta ciudad.

### Idiomas

Dado que El Alto es un municipio conformado en su mayoría por inmigrantes de diferentes puntos del país y especialmente de las provincias del altiplano, en este aspecto parece interesante analizar a la población de acuerdo con el idioma en el que aprendió a hablar:

**Tabla 4.4-2 Población de 4 años o más de edad por idioma en el que aprendió a hablar**

Idioma	CENSO 2001				CENSO 2012			
	Hombres	%	Mujeres	%	Hombres	%	Mujeres	%
Quechua	4,461	1.57	6,008	2.03	4.295	1,19	6.410	1,63
Aymará	83,894	29.49	93,058	31.53	91.623	25,44	108.996	27,79
Castellano	195,391	68.69	195,47	66.22	262.569	72,91	275.198	70,16
Guaraní	92	0.03	68	0.02	16	0,004	15	0,004
Otro nativo	22	0.01	18	0.00	23	0,006	12	0,003
Extranjero	180	0.06	159	0.05	416	0,11	388	0,099
No habla	400	0.14	360	0.12	1.123	0,31	1.100	0,28
Población de 4 años o más de edad	284,440	100	295,141	100	360.120	100	392.218	100

Fuente: Elaboración propia con base en datos del CNPV 2001 y 2012

Ségun datos del Censo 2001, el 68.69% de los hombres y el 66.22% de las mujeres tienen como lengua materna el castellano. El 29.49% de los hombres y el 31.53% de las mujeres que habitan El Alto aprendieron a hablar en aymará colocando este idioma en el segundo lugar, lo que explica la importancia de la lengua aymara por la elevada migración desde otros municipios del mismo departamento de La Paz.

Datos que son reflejados de la misma forma en el Censo 2012 cuyos datos indican que un 72.91% de hombres y el 70,16% de mujeres aprendieron a hablar en castellano; además que el 25,44% de los hombres y el 27,79% de las mujeres tienen como lengua materna el aymará.

Los datos de autoidentificación e idioma en que aprendieron a hablar, permiten inferir que si bien hay un reconocimiento de que el aymara es la lengua materna de un importante porcentaje de la población, ello no significa que se identifiquen plenamente con este pueblo indígena.

### **Religión**

Según el Censo 1992, el 70.5% de la población alteña profesa la religión católica, (en los Censos 2001 y 2012 se omitió esta pregunta); el 11.6% la religión evangélica; 2.1% pertenece a otra religión, el 5.4% no profesa ninguna y el 10.4% no respondió.

Por otro lado, en el Municipio se practican ritos ancestrales como las ofrendas a la Pachamama, combinadas con tradiciones religiosas; estas actividades se realizan en diferentes oportunidades, como en el inicio de la construcción de viviendas, cosecha, siembra y otros.

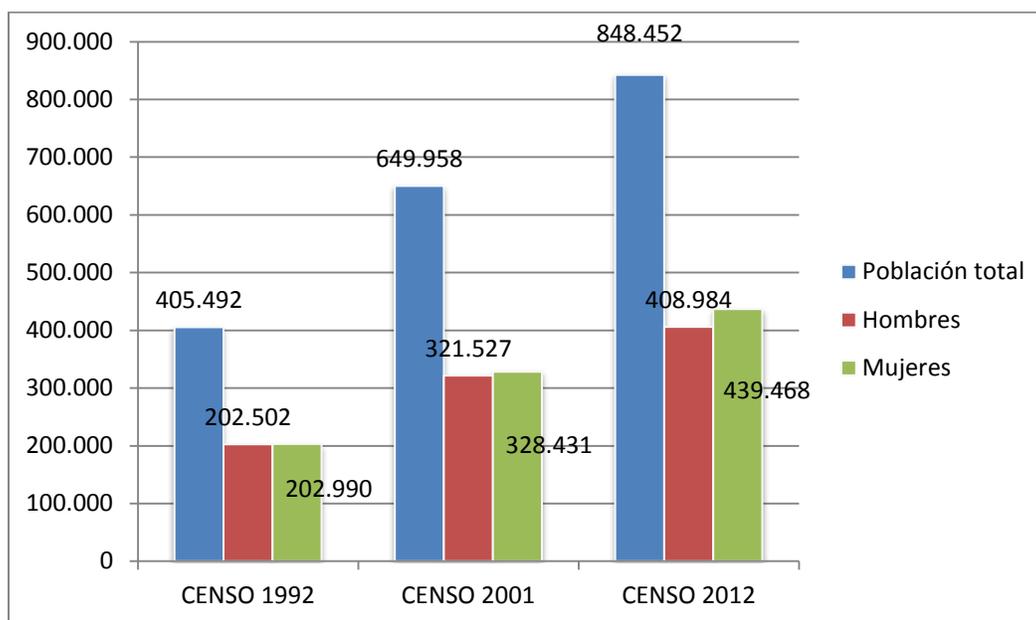
#### **4.5.1.3 Población**

La población de El Alto de acuerdo al Censo 2001 alcanzaba a 649,958 habitantes que representaban el 27.65% de la población total del Departamento de La Paz. Sobre este total el 49.47% son hombres y el 50.53% son mujeres.

Según datos obtenidos en el Censo 2012, la población del municipio de El Alto es de 848.452 habitantes . La población femenina que alcanza a 439.468 (51,20%) mayor que la masculina de 408.984 (48,20%).

Comparando esta información con la del censo anterior se tiene que El Alto ha incrementado su importancia dentro del contexto nacional. La tasa de crecimiento intercensal de la población entre los años 1992 a 2001 fue de 5.10%, siendo la más alta registrada en todo el país en ese periodo, y la actual entre los años 2001 a 2012 es de 2,30%, existiendo una marcada disminución, lo cual no le ha quitado ser el centro de atracción más importante.

La población que habita en el municipio de El Alto tiene las siguientes características:



**Figura 4.4-1 El Alto, Población por sexo y según censo**

Fuente; Elaboración propia con base en datos INE: CNPV - 2012

Asimismo la densidad poblacional en el año 2001 era de 315 habitantes por kilómetro cuadrado, al presente el territorio se ha densificado.

El municipio de El Alto está dividido por Distritos, por lo que a continuación presentamos el número de habitantes que el CNPV 2001 ha identificado en los nueve distritos que existían para entonces:

**Tabla 4.5-3 Población por distrito**

Distrito	Población total	Porcentaje
1	104,492	16,08
2	75,648	11,64
3	131,809	20,28
4	91,219	14,03
5	89,324	13,74
6	99,4	15,29
7	21,208	3,26
8	34,213	5,26
9	2,682	0,41
Total	649,958	100

Fuente.- Elaboración propia con datos del INE: CNPV-2001.

En cuanto a la población por distritos, el mayor porcentaje se encontraba en el Distrito 3 (Villa Adela), con un 20.28% respecto al total de la población, seguido del Distrito 1 (Ciudad Satélite) y 6 (Villa Esperanza), ambos con un 16%, aproximadamente.

Sin embargo, el total de la composición de población de hombres y mujeres es mayor debido a que una parte de Achocalla se anexa al Municipio de El Alto en el año 2005, con la denominación Distrito Municipal agropecuario y Turístico Rural No 10, reflejándose en el aumento de la población total de 649.958 a 658.163 habitantes.

El área rural del Municipio de El Alto, está representando por los distritos 9 y 10, con una población aproximada de 4.289 habitantes, que representaba al 0.7% de la población total del Municipio y ocupa el 51% del total del territorio de El Alto.

En la actualidad, el número de distritos se ha incrementado a 14, por lo que la información estadística del Municipio presentará variación una vez que el Instituto Nacional de Estadística (INE) edite los datos oficiales por distrito del Censo 2012 y se concluya la elaboración del nuevo PDM que está en proceso.

#### **4.5.1.4 Vivienda**

Según el Censo Nacional de Población y Vivienda 2012, el número de viviendas particulares identificadas en el municipio de El Alto fueron de 277.673 en el día del Censo, 254.771 (92,5%) viviendas se encontraban ocupadas y 22.902 (7.5%) desocupadas.

#### **Tipo de Viviendas**

Los datos muestran en el año 2012 que el tipo de vivienda casa/choza/pahuichi se ha incrementado levemente respecto al año 2001 (81,42%) alcanzando el 81,68%, para los hogares que habitan en cuartos o habitaciones sueltas se muestra una disminución con el 10.86% frente al 15,77% (2001) y se tiene un porcentaje mayor de 3.27%, para los hogares que viven en departamentos, lo que refleja que hay un proceso de densificación que incide en el tipo de vivienda. Este fenómeno se produce en las zonas más antiguas de El Alto y densamente pobladas.

#### **Materiales de la vivienda**

De acuerdo a los datos del Censo 2001 y del Censo 2012 las viviendas presentan las siguientes características respecto a los materiales utilizados en su construcción:

**Tabla 4.5-4 Material de construcción en la pared de la vivienda**

Tipo de material	CENSO 2001		CENSO 2012	
	Total	%	Total	%
Ladrillo, bloque de cemento, hormigón	37,224	22.51	137.187	53.83
Adobe, Tapial	127,505	77.12	115.809	45.44
Tabique, quinche	238	0.14	434	0.17
Piedra	91	0.05	165	0.06
Madera	66	0.03	78	0.03
Otro	196	0.11	1.200	0.47
Total hogares	165,32	100	254,873	100.00

Fuente.- Elaboración propia en base a datos del CNPV-2001 y 2012

Realizando un análisis comparativo se puede establecer que para el año 2001 el material de construcción más utilizado en las paredes de la vivienda era el adobe, tapial ya que se presenta en el 77.12% de los casos, y los datos del censo 2012 muestran que el ladrillo, bloque de cemento y hormigón son los más utilizados teniendo un 53,83%.y el adobe un 45.44% Esto significa un mejoramiento en la calidad de las viviendas en el periodo intercensal.

**Tabla 4.5-5 Material de construcción en el techo de la vivienda**

Tipo de material	CENSO 2001		CENSO 2012	
	Total	%	Total	%
Calamina o plancha	155,204	93.88	235,333	92.11
Teja (cemento, arcilla, fibrocemento)	6,373	3.85	7,516	2.94
Loza de hormigón armado	2,892	1.74	9,782	3.83
Paja	226	0.13	340	0.13
Otro	625	0.37	2,527	0.99
Total hogares	165,32	100	255,498	100.00

Fuente.- Elaboración propia en base a datos del CNPV-2001 y CNPV 2012

Según los datos del año 2001 el 93.88% de los hogares vivían en viviendas cuyo techo era de calamina y para el año 2012 el 92,11%, la diferencia no es significativa.,

En cambio se ha tenido un incremento en el material de loza de hormigón armado de 1,74% a 3,83%.

**Tabla 4.5-6 Material de construcción utilizado en el piso de la vivienda**

Tipo de material	CENSO 2001		CENSO 2012	
	Total	%	Total	%
Tierra	45,913	27.77	43,762	17.13
Tablón de madera	8,783	5.31	7,451	2.92
Machihembre, parquet	29,822	18.03	48,158	18.85
Alfombra, tapizón	592	0.35	5,842	2.29
Cemento	77,889	47.11	147,22	57.62
Mosaico, baldosa, cerámica	340	0.20	423	0.17
Ladrillo	1,478	0.89	1,228	0.48
Otro	503	0.30	1,414	0.55
Total hogares	165,32	100	255,498	100.00

Fuente.- Elaboración propia en base a datos del CNPV-2001 y 2012

De acuerdo con los datos del año 2012 el porcentaje de los hogares que viven en casas con pisos de cemento se ha incrementado de 47.11% a 57.62% habiendo una disminución importante en las habitaciones con piso de tierra.

Por otro lado el 81,47% de las mismas tienen sus paredes interiores revocadas.

### Número de habitaciones

**Tabla 4.5-7 Viviendas por número de habitaciones (totales y porcentajes)**

	Número de habitaciones								Total viviendas
	1	2	3	4	5	6	7	8 y más	
Nº	77,558	64,609	49,343	31,499	14,226	7,632	4,456	6,175	255,498
%	30.36	25.29	19.31	12.33	5.57	2.99	1.74	2.42	100.00

Fuente.- Elaboración propia en base a datos del CNPV-2012

Para el año 2012 se tiene una disminución de los porcentajes de las viviendas que cuentan con una y dos habitaciones con el 30.36% y 25.29% respectivamente. También se debe resaltar que el número de habitaciones en las viviendas se ha incrementado permitiendo mejorar las condiciones de habitabilidad y presentando menos hacinamiento **Tenencia**

Refiriéndonos a los datos del año 2012 el porcentaje de hogares que cuentan con vivienda propia ha tenido un importante incremento, llegando al 68.64% en relación al 61% (2001), es probable que se deba al costo de los terrenos en las áreas periféricas, debido en parte a la sobre oferta de terrenos y la prioridad que se establece en la adquisición de éste bien inmueble, lo cual si bien es un aspecto relevante, no significa que cuenten con las condiciones óptimas de habitabilidad y tampoco que se tengan los documentos necesarios que acrediten el derecho propietario.

#### 4.5.1.5 Disponibilidad de Servicios básicos

##### Agua potable

La dotación de servicio de agua para consumo humano es un derecho fundamental establecido en la Constitución Política del Estado, por lo que la población demanda el servicio en cantidad y calidad suficientes.

De acuerdo al Censo 2001, la obtención de agua para beber y cocinar por parte de los hogares en los 10 distritos de El Alto tenía las siguientes características:

**Tabla 4.5-8 Obtención de agua para beber y cocinar (porcentajes)**

Distrito	Cañería de red	Carro repartidor	Lago, laguna	Otra	Pileta pública	Pozo con bomba	Pozo sin bomba	Río/vertiente	Total %
1	93,15	0,24	0,04	1,33	3,43	0,14	0,76	0,91	100
2	92,67	0,5	0,05	4,07	2,25	0,06	0,39	0,01	100
3	90,55	0,36	0,01	3,54	2,78	0,5	2,21	0,05	100
4	86,35	0,37	0,08	3,67	3,2	0,95	5,32	0,06	100
5	85,35	1,85	0,04	4,67	4,67	0,55	2,39	0,48	100
6	94,58	0,13	0,04	2,53	2,1	0,21	0,36	0,05	100
7	36,18	26,71	0,11	8,32	5,91	2,59	18,4	1,78	100
8	50,7	30,4	0,04	7,5	7,09	0,69	3,4	0,18	100
9	2,03	5,42	2,4	2,9	2,7	4,34	64,09	16,12	100
10	16,15	2,86	1,56	2,08	1,04	4,17	44,01	28,13	100
Total hogares	142,655	5,664	86	6,150	5,659	871	4,988	718	166,791
<b>Total %</b>	<b>85,52</b>	<b>3,39</b>	<b>0,05</b>	<b>3,69</b>	<b>3,39</b>	<b>0,52</b>	<b>2,99</b>	<b>0,50</b>	<b>100</b>

Fuente.- Elaboración propia en base a datos del CNPV-2001

Según el Cuadro 4.5-8, los distritos que gozan de mayor atención del servicio de agua potable por cañería son los Distritos 6, con el 94.58%, el Distrito 1 con el 93.15%, el Distrito 3 con el 90.55%, y el Distrito 4 con el 86.35%; en tanto los distritos menos atendidos son los distritos 8, 9 y 10, que están por debajo del 51%.

También se advierte que los distritos 8 y 7 tienen la mayor cantidad de hogares abastecidos con el sistema de carro repartidor con 30.40% y 26.71%, respectivamente; el porcentaje de hogares que acceden al líquido elemento por medio de la pileta pública no es significativo. En cambio, los hogares que acceden al agua mediante pozos o norias sin bomba en un porcentaje mayor pertenecen a los distritos 7 con el 18,40%, 9 con el 64.09% y 10 con 44,01%.

Los distritos 9 y 10 tienen características rurales, particularizadas por tener una población dispersa, por lo que tienen dificultad de acceso al líquido elemento por sistemas de cañería de red; en cambio los distritos 7 y 8 se encuentran en una etapa de transición del rural al urbano, se proveen de agua potable a través del sistema de carros aguateros.

En el Municipio de El Alto, los servicios de agua potable y alcantarillado estuvieron a cargo de Aguas del Illimani que acabó sus operaciones el año 2007 y pasaron a la actual Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento (EPSAS) con las especificaciones que se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 4.5-9 Servicio de agua potable por cañería (totales y porcentaje)**

Servicio de agua potable	Cobertura
Población Total (Proyección año 2007 INE)	864.575
Conexiones de agua potable Cat. Domiciliaria con Medidor	145.829
Población servida Cat. Domiciliaria con medidor	729.145
Conexiones de agua potable Cat. Dom. sin medidor	411
Población servida Categoría Domiciliaria sin medidor	2.055
Piletas Públicas (con medidor y sin medidor)	278
Población servida por pileta pública	23.630
Total población servida con agua Categoría Domiciliaria	754.830
<b>Tasa de cobertura Categoría Domiciliaria</b>	<b>87,31%</b>

Fuente.- Elaboración propia con datos de EPSAS-2007 en PDM El Alto 2007-2011

Sobre la base de la información anterior, la población total beneficiada con agua por Cañería de Red en su domicilio es de 87,31% del total de la población del Municipio. En los últimos años, la población alteña ha demandado la dotación de agua potable y EPSAS está realizando importantes esfuerzos por ampliar su cobertura. Sin embargo, la población se enfrenta al problema del racionamiento, puesto que existen cortes intempestivos lo que origina malestar en los usuarios que no disponen del líquido elemento en cantidad suficiente.

### Servicio sanitario

La existencia de un cuarto de baño a niveles urbanísticos reviste suma importancia por los problemas que genera su ausencia en la salud e higiene de la urbe; lo cual adopta otro carácter en las zonas de población dispersa.

En la ciudad de El Alto, un 63,34% de las viviendas cuentan con un ambiente para el baño (104,721 viviendas), es decir de cada 10 hogares 6 cuentan con baño. De éstos el 64.30% de hogares hacen uso exclusivo de los baños, en tanto que el 35.69% es compartido con otros hogares.

De este total, el 72.42% tiene desagüe al alcantarillado sanitario, el 23.95% descarga a un pozo ciego, el 3.21% a una cámara séptica y el 0.41% a la calle, río o quebrada.

Según los datos obtenidos del Censo de Población y Vivienda 2012, el 78.60% de las viviendas tienen un cuarto de baño, mismo que alcanza a 200.823 hogares; de estos datos también se pueden extraer que el 40.39% de los hogares lo usan de manera privada y el 38.21% lo hacen de forma compartida.

Los datos para el desagüe al alcantarillado sanitario se han elevado a 80.68%, y para el desagüe a un pozo ciego, cámara séptica o a la calle han disminuido a 16.28%, 2.82% y 0.19% respectivamente; mostrando una mejora en la calidad de vida de los hogares alteños.

## Energía Eléctrica

La Empresa DELAPAZ, es la que presta el servicio de distribución de energía eléctrica en las áreas urbanas de Achacachi, Huarina, El Alto, La Paz, Achocalla y parte de Mecapaca y Palca y la empresa EMPRELPAZ a algunas urbanizaciones periféricas del Municipio de El Alto y el resto de las provincias.

Según el Instituto Nacional de Estadística, en el Municipio de El Alto más de 8 hogares decada 10 cuentan con servicio de energía eléctrica como se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 4.5-10 Disponibilidad de energía eléctrica (porcentajes)**

Distrito	Total viviendas	No tiene	Tiene
1	25.775	7,34	92,66
2	18.528	9,24	90,76
3	33.591	11,08	88,92
4	23.120	12,82	87,18
5	22.867	16,85	83,15
6	25.275	8,65	91,35
7	6.294	53,65	46,35
8	10.217	43,31	56,69
9	738	57,72	42,28
10	384	23,18	76,82
Total	24.647	142.142	165.320
Total (%)	14,80	85,20	100

Fuente.- Elaboración propia con datos de PDM El Alto 2007-2011

Los distritos 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 10 cuentan con un mayor porcentaje de este servicio. Los distritos con menor cobertura son el 7, 8 y 9, que actualmente están siendo atendidos debido a que la población ha demandado.

## Otras Fuentes de Energía

De acuerdo a los datos recabados del Censo 2012, el gas licuado es el más utilizado con el 58.12%, sin embargo la instalación de gas domiciliario (por cañería) ha mejorado ella calidad de vida cubriendo un 38.88% y así se ha reducido hasta casi un 0% las demás fuentes de energía que se utilizaban para cocinar. En los últimos años, el gobierno ha priorizado la instalación domiciliaria de gas, especialmente en El Alto.

### 4.5.1.6 Educación

La educación es la más alta función del Estado porque es un derecho humano fundamental y un bien público, por tanto, las gobernaciones y municipios tienen la obligación de garantizar, sostener y regular, a través del Ministerio de Educación y Culturas.

En el ámbito municipal, la Dirección Distrital de Educación de El Alto es la responsable del control y supervisión de las unidades educativas, en lo referente a las actividades pedagógicas, curriculares y de recursos humanos. Asimismo, la Oficialía Mayor de Protección Social, es la encargada de la construcción y mantenimiento de la infraestructura y de la dotación de insumos a las unidades educativas públicas.

Por otra parte, las juntas escolares conformadas por miembros de los Distritos y por los padres de familia correspondiente a cada unidad educativa, evalúan permanentemente la calidad del servicio educativo, siendo esta, una de sus principales atribuciones.

**Tabla 4.5-11 Características principales de educación (porcentajes)**

Característica	Total
Tasa de alfabetismo	93.85
Tasa de asistencia escolar	83,5

Fuente: Elaboración propia en base a datos del CNPV-2012

Según los datos del Censo 2012 el 93,85% de la población sabe leer y escribir y solo el 4,82% no tiene ninguna instrucción. De ese porcentaje el 30% es técnico universitario y el 43,65% alcanzó la licenciatura. Esta tasa de alfabetismo es levemente inferior a la nacional que alcanza el 94.98%, empero en el departamento de La Paz la tasa de alfabetismo ha registrado un incremento superior al nacional (95,37%).

El nivel de instrucción bachiller o superior incluye bachiller, licenciatura, técnico de universidad, normal, militar o policial de la población mayor de 19 años de edad. En los últimos años se ha elevado el nivel de instrucción de la población, lo cual puede ser producto de las políticas sociales implementadas para evitar la deserción escolar y la continuidad de los estudios..

El número promedio de cursos o años aprobados en el sistema escolar y/o superior por las personas mayores de 19 años de edad es de 7.98 cursos aprobados.

La tasa de asistencia escolar, o sea el número de personas de 6 a 19 años de edad que asisten al sistema escolar es de 85.38%, es decir que el restante 14.62% de la población en edad de asistir al sistema escolar no lo está haciendo.

La cobertura bruta total de matriculación en el Municipio de El Alto, alcanzó a 94%, de acuerdo con la información de la gestión 2005; la cobertura en varones fue del 93% y para mujeres 95%. La cobertura bruta para varones en el nivel inicial alcanzó un 48%; en el nivel primario a 108%; y en nivel secundario 87%. Asimismo, la cobertura bruta para mujeres, en el nivel inicial fue de 50%; en el nivel primario de 112% superando a los varones; en el nivel secundario 84%. Los incrementos en las coberturas a nivel primario para varones y mujeres, se explica por la alta migración rural hacia el Municipio de El Alto, y por los incentivos que otorga el sistema escolar urbano.

### Unidades Educativas Públicas y Privadas

En el Municipio de El Alto, hasta el año 2007, existían 442 unidades educativas que desarrollan sus actividades en 356 establecimientos educativos, entre públicos y privados, esta información se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 4.5-12 Unidades educativas en El Alto (totales)**

Unidades educativas	Sector norte		Sector sur		Total El alto	
	U.E.	Fisico	U.E	Fisico	U.E.	Fisico
U.E.Publicas legalmente establecidas	127	94	180	129	307	223
U. E. Publicas en proceso de legalizacion	9	9	9	8	18	17
U. E.Alternativas	9	9	13	13	22	22
U. E.de Educacion superior	0	0	5	4	5	4
U. E.Privadas legalmente establecidas	37	37	53	53	90	90
Total	182	149	260	207	442	356

Fuente: PDM El Alto 2007-2011 con datos de la Dirección Distrital de El Alto

Por otra parte, según los datos de la Dirección Distrital de Educación de El Alto, en el Distrito Educativo 1 (sector norte), en la gestión 2006, se tenían 21.280 alumnos matriculados en las distintas unidades educativas (públicas y privadas): 107.184 alumnos en unidades educativas públicas y 14.096 alumnos en unidades educativas privadas.

En el Distrito Educativo 2 (sector sur), el total de alumnos matriculados para el año 2006, en las unidades educativas fue de 145.279: 130.142 alumnos en unidades públicas y 15.137 alumnos en las privadas.

Según datos del Gobierno Municipal de El Alto al 2013, el 65% de las unidades educativas cuentan con sistema de alcantarillado, 89% con luz eléctrica, 70% con agua potable, y 20% cuentan con servicios de gas domiciliario. Sin embargo, sólo el 20% de las unidades educativas cuentan con laboratorios, 25% con bibliotecas y 16% con talleres, el mobiliario que cuentan es insuficiente para albergar a los estudiantes.

#### 4.5.1.7 Salud

La salud es uno de los componentes importantes en el desarrollo social, por una parte, las condiciones de vida (incluyendo los parámetros climáticos, la vivienda y las condiciones sociales) son complejas en este Municipio que supera los 4000 msnm; por otra parte, el acceso a los servicios (en términos de accesibilidad, de comportamientos culturales y de costo de la salud) ha ido en aumento en concordancia a las políticas sociales.

#### Atención del Parto

El Censo 2001 ha identificado que al momento de dar a luz, las mujeres parturientas de la ciudad de El Alto, si bien aceptan ser atendidas por personal de salud convencional todavía son reacias a acudir al establecimiento de salud y prefieren se atendidas en su domicilio. La siguiente tabla muestra los datos arrojados por ambos censos.

**Tabla 4.5-13 Atención del último parto (porcentajes)**

	CENSO 2001	CENSO 2012
<b>Característica</b>	<b>Total</b>	<b>Total</b>
Atención del último parto en un establecimiento de salud	44.53	62.29
Atención del último parto en su domicilio por personal médico, enfermería o auxiliar de enfermería	48.68	34.38

Fuente: Elaboración propia en base a datos del CNPV-2012

Solo el 34,38% de los partos todavía ocurren en el domicilio, aunque fueron atendidos por personal capacitado en salud. Esta situación ha mejorado debido a los incentivos del gobierno como el bono “Juana Azurduy” que promueve la asistencia a los establecimientos de salud.

Por estos incentivos la atención de los partos en un establecimiento de salud ha alcanzado el 62.29% superando el porcentaje del Censo 2001, lo cual también incide favorablemente en la disminución de la mortalidad materna.

Sobre la Incidencia y mortalidad por cáncer de cuello uterino en Bolivia, un estudio realizado por el Instituto Nacional de Laboratorios de Salud (INLASA) sobre muestras citológicas de las ciudades de La Paz y El Alto (años 2004 y 2005) indicó que la población con mayor riesgo tiene entre 25 y 40 años; esta investigación mostró que la edad media de lesiones de bajo grado era de 25 años, 28 años para las lesiones de alto grado y 38 años para los carcinomas in situ; el estudio concluye que la incidencia del CACU es cada vez más frecuente en personas jóvenes y de menor edad.

Para la ciudad de El Alto, la tasa de mortalidad peri natal se ha estimado en 43 defunciones por cada mil embarazos de siete o más meses de duración, con un componente menor de muertes neonatales tempranas que de nacidos muertos.

En cuanto a la mortalidad infantil, la probabilidad de morir antes de cumplir los primeros cinco años de vida en la ciudad de El Alto, experimentó un descenso importante según la ENDSA 1998 y 2003, de 118 a 76 defunciones de menores de cinco años por mil nacidos vivos. (IC RIMAC)

El SEDES dio los siguientes reportes para los años 2006 y 2007 en EDAs, IRAs y Neumonías en menores de 5 años de edad:

#### **Tasa EDAs por 1.000 en Menores de 5 Años**

Los episodios de diarrea por mil, en menores de 5 años, registraron un 255 x mil en el año 2006, y 164 x mil en el primer semestre del 2007.

#### **Tasas de IRAs por 1.000 en Menores de 5 Años**

Las infecciones respiratorias agudas por mil, para menores de 5 años alcanzaron a 659.62, y para el primer semestre de año 2007 se registró un 164.05.

#### **Tasa de Neumonías por 1.000 en Menores de 5 Años**

Los casos de neumonías por 1000 menores de 5 años, en el año 2006, alcanzaron a 143.25 y para el primer semestre del 2007 presentó un 76.80.

#### **Desnutrición infantil**

La prevalencia de desnutrición general en menores de cinco años, durante la gestión 2006, alcanzó el total de 26.43%. La prevalencia de desnutrición moderada para menores de 5 años, registró un total de 5.22% y la prevalencia de desnutrición severa presentó un 0,58%.

### Infraestructura de salud

Para el año 2013, el sistema está compuesto por 48 centros de salud de primer nivel y cinco hospitales (segundo nivel) que prestan sus servicios en la ciudad de El Alto en diferentes distritos. Su estructura responde a cinco Redes de salud como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 4.5-14 Infraestructura de salud**

Red Boliviano Holandes	Red Senkata	Red Corea	Red Los Andes	Red Lotes y Servicios,
C.S.M.I. Madre de Dios V.D. 1er. Nivel	C.S. Ventilla 1er. Nivel	C.S. 3 de Mayo 1er. Nivel	C.S. Alto Lima 1er. Nivel	C.S. 16 De Febrero 1er. Nivel
C.S. 12 de Octubre 1er. Nivel	C.S. Mercedes 1er. Nivel	C.S. Luis Espinal (El Alto) 1er. Nivel	C.S. Ceja El Alto - CRA 1er. Nivel	C.S. Villa Tunari N. 1er. Nivel
C.S. Rosas Pampa 1er. Nivel	C.S. Atipiris 1er. Nivel	C.S. San Juan Kenko 1er. Nivel Público	C.S. Huayna Potosi 1er. Nivel	C.S. Franz Tamayo 1er. Nivel
C.S. Santa Rosa 1er. Nivel	C.S. Los Pinos 1er. Nivel	C.S. Nuevos Horizontes 1er. Nivel	C.S. Puerto Mejillones 1er. Nivel	C.S. Mercedario 1er. Nivel
C.S. Alpacoma Bajo 1er. Nivel	C.S. Unificada Potosí 1er. Nivel	C.S. Prefectural 1er. Nivel	C.S. Alto Lima III 1er. Nivel	C.S. Brasil 1er. Nivel
C.S. Santiago I 1er. Nivel	C.S. Utamau 1er. Nivel	Santiago II 1er. Nivel	C.S. Villa Ingenio 1er. Nivel	C.S. Ocomisto 1er. Nivel
C.S. Villa Exaltacion 1er. Nivel	C.S. San Francisco 1er. Nivel	C.S.M.I. Villa Avaroa 1er. Nivel	C.S.M.I. German Busch 1er. Nivel	C.S. San Jose De Yunguyo 1er. Nivel
Hospital Boliviano Holandes 2do. Nivel	C.S. Copacabana 1er. Nivel	C.S. Urbanizacion Kenko 1er. Nivel	C.S. Puesto Camacho 1er. Nivel	C.S. San Roque (El Alto) 1er. Nivel
	C.S. Charapaqui 1er. Nivel	C.S. San Martin 1er. Nivel	Hosp. Mat. Infantil- Los Andes 2do. Nivel	C.S. San Vicente De Paul 1er. Nivel
	Hospital. Senkata 2do. Nivel	C.S. Calama 1er. Nivel	Hospital Chacaltaya 2do. Nivel	C.S. Villa Cooperativa 1er. Nivel
		C.S. Cosmos 79 1er. Nivel		C.S. 14 de septiembre
		C.S.M.I. Villa Adela 1er. Nivel		C.S.M.I. Lotes Y Servicios 1er. Nivel
		Hospital Municipal Boliviano Coreano 2do. Nivel		

Fuente: Elaboración propia con datos de SEDES. 2013

El municipio ha realizado importantes esfuerzos por mejorar la infraestructura y el equipamiento de los centros de salud, con el apoyo de diferentes organismos financieros, para atender las demandas de salud de la población, por tanto el acceso a este servicio

ha ido en aumento mejorando sus condiciones. A ello se suma, la aplicación del modelo Salud Familiar Comunitaria e Intercultural (SAFCI) que tiene la finalidad de llegar con servicios de salud a los domicilios.

### Medicina tradicional

Según datos de la Sociedad Boliviana de Medicina Tradicional (SOBOMETRA) y del Gobierno Municipal de El Alto, la medicina tradicional tiene su importancia, debido a las características culturales de la población; así, la Medicina Tradicional y Natural es un modelo de atención en Salud, que comprende diversas prácticas, enfoques, conocimientos y creencias sanitarias, incorporados en su diagnóstico, tratamiento y prevención. La utilización de los principios activos y elementos de acción medicinal procede de las plantas, animales, minerales, terapias espirituales, etc., ya que aplicando y/o combinando todos estos elementos naturales, ayudan a mantener el equilibrio del bienestar psicosomático del organismo humano.

Los asociados de SOBOMETRA suman un total de 172 miembros; sin embargo, existen muchos que no se encuentran registrados y/o asociados, pero trabajan junto a ellos en intermediaciones de la Ceja de El Alto y en Zona Ballivián.

#### 4.5.1.8 Situación de pobreza

El Alto es uno de los municipios con los mayores índices de pobreza y crecimiento demográfico en Bolivia. El año 2001 contaba con 649,958 habitantes (INE-2001). El año 2012 el censo determinó una población de 848.452 habitantes de los que 439.468 serían hombres y 408.984 mujeres. Cerca del 52% es menor de 25 años de edad. Las mujeres conforman el 51%. Con un crecimiento poblacional del 2,3, significativamente inferior a la anterior de 5.1.

UDAPE y el INE han realizado la medición de la pobreza a partir de la información del CNPV-2001, según el índice de **Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)** que permite conocer la realidad de la población en aspectos referidos a las condiciones de vida y la cobertura de los servicios básicos (este análisis se mantiene a falta de uno más reciente con los datos actuales).

La pobreza por el enfoque de NBI define a la población pobre como aquella que no cumple con mínimos niveles de bienestar asociados a las características de la vivienda, disponibilidad de servicios de agua y saneamiento, insumos energéticos, nivel educativo y acceso a servicios de salud.

En los siguientes componentes se establecen umbrales mínimos de satisfacción de las necesidades básicas:

**Materiales de la vivienda:** Existe inadecuación cuando la población reside en viviendas con pisos de tierra, paredes de adobe no revocado, tapial, piedra y techos de paja o material de desecho.

**Espacios en la vivienda:** Las personas están por debajo de la norma cuando viven más de cinco personas por cada dos dormitorios, no cuentan con al menos una habitación adicional para comedor o sala y no tiene un cuarto especial para cocina.

**Servicios de agua y saneamiento:** Se presenta inadecuación cuando las personas residen en viviendas sin agua por cañería, no tienen conexión de agua dentro de la vivienda, reciben agua de pozo, lago, río o vertiente; no tienen sanitario.

**Insumos energéticos:** La inadecuación se presenta cuando las personas no disponen de energía eléctrica en la vivienda y utilizan leña, bosta o kerosén para cocinar.

**Educación:** Se considera insuficiente nivel educativo cuando algunos miembros del hogar no saben leer ni escribir, presentan bajos niveles educativos, existen niños y jóvenes que no asisten a la escuela o presentan rezago escolar.

**Salud:** Se presenta inadecuación cuando la proporción de mujeres cuyo parto fue atendido en un establecimiento de salud o por personal capacitado es muy baja.

Con las normas mencionadas se definen los siguientes grupos de población de acuerdo al grado de satisfacción o insatisfacción de las necesidades básicas:

- 1) **Necesidades Básicas Satisfechas (NBS):** es la que reside en viviendas construidas con materiales de mejor calidad, dispone de la mayor parte de los servicios básicos, utiliza energía eléctrica o gas licuado para cocinar, tiene niveles de educación adecuados y vive en lugares en los que existe cobertura de atención en salud.
- 2) **Umbral de pobreza:** presenta condiciones de vida aceptables y se encuentra alrededor o levemente por encima de las normas de adecuación. Este grupo, al igual que el anterior no está en situación de pobreza.
- 3) **Pobreza moderada,** presenta condiciones de vida ligeramente por debajo de las normas de pobreza.
- 4) **Indigencia:** es la que presenta inadecuación por debajo de las normas.
- 5) **Marginalidad:** carece de servicios de agua y saneamiento, reside en viviendas precarias, tiene muy bajos niveles educativos y severo déficit en atención de salud.

**Tabla 4.5-15 Situación de pobreza (totales)**

Población analizada*, porcentaje de pobres y Distritos	NO POBRES		POBRES		
	NBS	Umbral de pobreza	Pobreza moderada	Indigencia	Marginalidad
634,535 66.9%	47,350 7.46%	162,681 25.63%	312,807 49.29%	108,434 17.08%	3,263 0.51%
Distrito 4	3.287	8.538	49.555	28.918	409
Distrito 5	6	877	45.109	41.336	809
Distrito 7	2	27	4.426	15.198	1.266
Distrito 9	1	14	469	2.080	97
Distrito 14	2	27	4.426	15.198	1.266

Fuente.- Elaboración propia en base a datos del INE-2001 y PDM El Alto 2007-2011

\* La población total analizada se refiere a que para el análisis de la pobreza se han excluido a las personas que residen en viviendas colectivas (cuarteles, hospitales y otros), las que residen habitualmente en el exterior, personas que fueron empadronadas en la calle.

En general a través de esta metodología se afirma que para el año 2001, el municipio de El Alto tenía al 66.9% de su población calificada como pobre. Asimismo, el 49.29% de la población pobre se encuentra en situación de pobreza moderada, es decir que sus condiciones de vida están ligeramente por debajo de los indicadores.

Según el cálculo de los niveles de pobreza para el Municipio de El Alto y los distritos involucrados en el proyecto, el índice mayor que presenta de necesidades satisfechas es el Distrito 4 con un 0.52% y el menor pertenece al Distrito 9 donde solo una familia estaba en esa situación. El índice de umbral de la pobreza mayor corresponde al Distrito 4 con un 1,35% y el menor al Distrito 9. El índice con pobreza moderada mayor corresponde al Distrito 4 con 7,80% y el menor índice corresponde al Distrito 9 con un 0.07%. El mayor índice de pobreza marginal registra el Distrito 7 con 0.2% y el menor el Distrito 9 con 0.01%; el mayor índice de pobreza marginal corresponde al Distrito 5 con 6.51% y el menor al Distrito 9 con 0.32%.

#### 4.5.1.9 Características económicas de la población

##### Actividad económica

Según el Primer Censo de Establecimientos Económicos de la Industria Manufacturera en la Ciudad de El Alto (2003), realizado por la Cámara Departamental de Industrias de La Paz, la mayoría de las unidades productivas de El Alto corresponden a la clasificación de “micro industrias manufactureras”, representando el 90% de un total de 5.045 empresas del rubro de establecimientos manufactureros de esta urbe. Sin embargo, es el sector que ocupa la mayor cantidad de mano de obra y son unifamiliares en su mayoría.

La grande y mediana industria, pese a su número reducido (34 establecimientos), también concentra una alta proporción del empleo manufacturero, presentando un dinamismo muy importante en inversiones de infraestructura física y uso de tecnología.

Los datos de población ocupada por tipo de actividad de los Censos Nacional de Población y Vivienda de 2001 y 2012 se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 4.5-16 Población ocupada según tipo de actividad**

Actividad Económica	CENSO 2001		CENSO 2012	
	Total	Porcentaje	Total	Porcentaje
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	6.109	2.86	9,164	2.45
Explotación de minas y canteras	754	0.35	2,142	0.57
Industria manufacturera	46,451	22.77	72,527	19.39
Electricidad, gas y agua	624	0.29	751	0.20
Construcción	16,57	7.78	34,739	9.29
Comercio al por mayor y menor	57,472	27.01	103,565	27.69
Hoteles y restaurantes	12,675	5.95	21,095	5.64
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	20,906	9.82	33,379	8.92
Intermediación financiera	699	0.32	2,273	0.61
Servicios inmobiliarios, empresariales y de alquiler	5,087	0.02	201	0.05
Administración pública, defensa y seguridad social	6,191	2.91	11,653	3.12
Educación	11,097	5.21	19,354	5.17

**PROYECTO MULTIPROPÓSITO DE RIEGO Y AGUA POTABLE**

Actividad Económica	CENSO 2001		CENSO 2012	
	Total	Porcentaje	Total	Porcentaje
Servicios sociales y de salud	3,605	1.69	8,672	2.32
Servicios comunitarios sociales y personales	7,037	3.30	7,138	1.91
Servicios a los hogares y servicio doméstico	6,135	2.88	5,981	1.60
Otros	11,259	5.29	20,670	5.52
<b>Total población ocupada</b>	<b>212,731</b>	<b>100%</b>	<b>374,08</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia en base a información del INE 2001 y 2012

Las principales actividades económicas de las familias de El Alto son el comercio al por mayor y menor con el 27.01% (2001) y 27.69% (2012), y la Industria manufacturera con el 22.77% (2001) y 19.39% (2012). El empleo formal ha disminuido y ha aumentado el sector de la construcción.

La actividad manufacturera y el comercio, son sectores que deben ser considerados de importancia fundamental al momento de tratar el tema de generación de empleo productivo, mejorar las condiciones de la productividad y el nivel de vida de la población. Esta información es corroborada con el trabajo de campo realizado en los distritos implicados en el proyecto:

**Tabla 4.5-17 Ocupación del jefe de hogar por distrito**

Ocupación del Jefe de familia	Distrito					Total
	4	5	7	9	14	
	%	%	%	%	%	%
Comerciante	21,3%	16,0%	10,5%	31,8%	21,3%	16,8%
Obrero	5,3%	5,3%	8,5%	9,1%	10,7%	7,8%
Albañil	14,7%	18,7%	29,4%	27,3%	24,0%	23,5%
Empleada Domestica	0	1,3%	0	0	0	0,3%
Ama de casa	5,3%	1,3%	3,3%	0	0	2,5%
Artesano	13,3%	10,7%	9,8%	9,1%	6,7%	10,0%
Transportista	12,0%	20,0%	12,4%	4,5%	14,7%	13,8%
Profesor	5,3%	2,7%	2,0%	0	4,0%	3,0%
Empleado Publico	9,3%	5,3%	3,9%	0	6,7%	5,5%
Empleado de oficina	0	0	0,7%	0	2,7%	0,8%
Agricultor	4,0%	5,3%	6,5%	4,5%	1,3%	4,8%
Jubilado	1,3%		0,7%	0	0	0,5%
Otro	2,7%	4,0%	7,2%	4,5%	2,7%	4,8%
No trabaja	5,3%	9,3%	5,2%	9,1%	5,3%	6,3%
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta CPM Octubre 2013

La ocupación de comerciante presenta los mayores porcentajes en los Distritos 9 con el 31,8% y los distritos 4 y 14 con el 21,3%. En la ocupación como albañil lidera el distrito 7 con el 29,4% de los jefes de hogar; el Distrito 9 representa al 27,3% y el Distrito 14 el 24%. En términos generales, la ocupación como albañil es la predominante ya que el 23,5% del total de la población encuestada se encuentra ocupada en este rubro frente al 16,8% de los ocupados en el comercio. Otras actividades importantes son el transporte

con el 13,8% y la artesanía con el 10%. Asimismo los empleados públicos significan el 5,5%.

### Empleo

La población de El Alto, ante la carencia de oportunidades laborales, busca la forma de obtener una fuente de trabajo que le permita obtener ingresos económicos para cubrir sus necesidades básicas. Pero, la que encuentra generalmente, es de baja remuneración, y sólo le sirve de medio de sobrevivencia.

Las causas de la reducida oferta de fuentes de empleo y bajos salarios que ofrecen las empresas, son: bajos niveles de inversión productiva, incertidumbre política, percepción de un clima de negocios desfavorable, entre los más importantes:

Según el INE (2001), la población de la ciudad de El Alto alcanzaba un total de 658.630 habitantes (incluido el Distrito 10). De esta población 481,241 habitantes constituyen la Población en Edad de Trabajar (PET), que corresponde a la población mayor de 10 años. La Población Económicamente Activa (PEA) alcanza un total de 232,201, que comprende a todas las personas que trabajan o buscan trabajo activamente. La población ocupada alcanza un total de 215,510 personas y la población desocupada registró un total de 16,691 personas.

En general, los datos de empleo en El Alto se pueden apreciar en la siguiente tabla:

**Tabla 4.5-18 Situación de empleo en El Alto**

Empleo	Población en porcentajes
<b>Población total</b>	
Población en Edad de Trabajar	44.28
Población Económicamente Activa	19.59
Población Ocupada	18.19
Población Desocupada	1.39
<b>Población por sector económico</b>	
Población Ocupada Sector Primario	3.4
Población Ocupada Sector Secundario	24.1
Población Ocupada Sector Terciario	71.5
<b>Población en actividad manufacturera</b>	
Población Ocupada Micro Empresa	47.1
Población Ocupada Pequeña y Mediana Empresa	25.7
Población Ocupada Grande Empresa	27.2
Tasa de desocupación	7.2

Fuente: PDM El Alto 2007-2011, con datos de INE, CENSO 2001 y Cámara Departamental de Industria Primer Censo Actividad Manufacturera, 2003.

Según los datos del INE, aproximadamente, el 71.5% de la población ocupada de El Alto se encuentra en el sector terciario (actividades de comercio y servicios); el 24.1% se dedica a la actividad de transformación e industrial manufacturera. Asimismo, el Primer Censo de Actividades Manufactureras de la ciudad de El Alto señala que del total de la población ocupada en la actividad manufacturera el 47% trabaja en las micro y pequeñas empresas.

Haciendo una relación de la producción con los niveles de estudios alcanzados se tiene que El Alto tiene los menores índices de logro educativo, el 88% de la población ocupada

en la actividad manufacturera, cuenta con un nivel de instrucción primaria, secundaria o bachillerato, y sólo un 8.3% cuenta con un nivel de educación post-bachillerato, tales como técnicos, universitarios u otros.

No obstante, El Alto tiene a su favor la Ley de promoción económica del 13 de mayo de 2004 dirigida a la generación de inversiones y a la creación de empleos dignos. Las ventajas principales de esta norma para los nuevos emprendimientos y principalmente para la ampliación de los existentes son:

- ✓ Toda nueva industria que se instale en El Alto no pagará impuestos a las utilidades durante 10 años.
- ✓ Las maquinarias para la producción que no se produzcan en el país quedarán liberadas de gravámenes e impuestos de importación y los insumos y materias primas no producidas en el país sólo pagaran el 3% de impuesto.
- ✓ Las nuevas construcciones, que se edifiquen con destino a la producción, quedan liberadas del pago del Impuesto de Bienes Inmuebles por el lapso de tres años.
- ✓ Las empresas que se instalen podrán compensar sus impuestos anuales de bienes inmuebles con la construcción de calles, cordones de acera, iluminación, logrando así el progreso de la zona donde se instalen.
- ✓ El Municipio invertirá en vías de acceso, como la avenida Panorámica y la avenida Periférica, e infraestructura productiva, como parques fériales y Puerto Seco, entre otras.

Sin embargo, cabe destacar que la Ley de Promoción Económica, a pesar de ser una fortaleza y ventaja importante del Municipio de El Alto y de la región metropolitana, no es aprovechada de forma adecuada para lograr el desarrollo económico productivo. (PDM El Alto 2007-2011).

Adicionalmente, los datos del Censo 2012 indican que el 43% de la población declaró haber trabajado la semana pasada por cuenta propia y el 42% respondió que su ocupación era la de obrero/empleado, lo cual corrobora los datos anteriores.

## Ingresos

La siguiente tabla presenta información acerca de los ingresos que obtienen las familias alteñas:

**Tabla 4.5-19 Ingresos familiares**

Ingresos familiares	Porcentaje de familias
500-1000	3
1001-1500	3
1501-2000	7
2001-3000	18
3001-4000	12
4001-6000	40
6001-8000	16
8001 y más	1

Fuente: IC RIMAC SRL en base a Encuesta propia, 2012

No obstante la reserva que tienen las familias cuando se trata de brindar información sobre sus ingresos, considerando que los mismos por lo general se encuentran subestimados a la baja, se tiene que la mayoría de los pobladores de la ciudad de El Alto tiene ingresos superiores a 4.000 Bs. mensuales, un 57 % tiene ingresos superiores a 4.000 Bs. Un 30 % entre 3.000 a 4.000 Bs. y solamente un 13 % inferiores a 2.000 Bs. Desde la perspectiva del ingreso se puede expresar que la mayoría de los pobladores de la ciudad de El Alto cuentan con niveles de ingresos medios (IC RIMAC SRL), se debe tener en cuenta que el salario mínimo nacional asciende a Bs. 1.440.

Respecto a los Distritos favorecidos por el proyecto, de acuerdo a la pregunta del ingreso mensual percibido por las familias en la encuesta de campo, se ha obtenido los siguientes datos:

**Tabla 4.5-20 Ingreso mensual de las familias en Bs.**

Ingreso mensual de la familia	Distrito					Total
	4	5	7	9	14	
Media	2.502,00	2.123,33	1.914,75	1.785,45	2.324,00	2.133,59

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta CPM Octubre 2013

La media del ingreso mensual de los hogares encuestados está ligeramente por encima de los 2.000 bolivianos en los distritos 4, 5 y 14. Mientras que en los distritos 7 y 9 los ingresos declarados son inferiores a los 2.000 bolivianos. Dependiendo del número de miembros de las familias, es posible afirmar que, en menor o mayor grado, los ingresos económicos son insuficientes para cubrir sus necesidades.

### Migración

El factor de migración hace que El Alto sea una "ciudad- - clave" para el sur del departamento de La Paz. De esta manera conforma una estructura territorial definida con una migración, no definitiva pero relacionada a actividades económicas. Se considera que las personas que migran guardan una relación con el municipio de donde provienen y retornan, siendo estos movimientos la fuerza de la ciudad de El Alto como plataforma de la actividad regional.

**Tabla 4.5-21 El Alto, población inmigrante y emigrante entre municipios en el periodo 1996-2001**

Población	Total	Porcentaje
Población inmigrante	64,516	8.81
Población emigrante	16,291	2.22

Fuente: Elaboración propia en base a datos del CNPV-2001

La proporción de inmigrantes en la población total entre municipios, de acuerdo al censo del 2001 es de 8.81 %, y la población emigrante es de 2.22%.

El destino preferido de los emigrantes de El Alto son los municipios Andrés de Ibáñez en el departamento de Santa Cruz y el municipio de Cercado en el departamento de Cochabamba.

**Tabla 4.5-22 El Alto, Población inmigrante por sexo, según Distrito de destino**

DISTRITO	TOTAL	MUJER	HOMBRE
Area rural	2,049	1.56	1.72
1	7,495	6.26	5.80
2	6,742	5.61	5.25
3	14,124	11.71	11.04
4	8,678	7.24	6.74
5	8,130	6.59	6.51
6	6,786	5.68	5.25
7	2,888	2.27	2.50
8	5,162	4.16	4.15
TOTAL	62,054	51.01	48.99

Fuente: IC RIMAC, en base a CNPV-2001

Se puede observar que los hombres y las mujeres inmigrantes se ubican en zonas diferentes de la ciudad, las mujeres en el Casco Viejo por su inserción laboral en las actividades de comercio y los hombres en las zonas industriales.

En particular, las dos grandes zonas de expansión se sitúan en el distrito 8, alrededor de la carretera hacia Oruro, donde se ocupan nuevos lotes y se crean barrios con caracteres rurales; y a lo largo de la carretera hacia Copacabana, con carácter más industrial o artesanal.

Sin embargo, de acuerdo a los datos del último Censo 2012, 45.431 personas han emigrado de El Alto hacia otros países, los destinos más frecuentes son Argentina (41,28%), Brasil (36,78%), Chile (6,21%), España (5,6%) y otros en menor proporción.

#### 4.5.1.10 Seguridad Ciudadana

Si bien la inseguridad ciudadana es una consecuencia de factores estructurales como el desempleo y la falta del desarrollo productivo, no sólo a nivel local, sino también nacional, ésto no significa que hasta que se resuelva este problema fundamental, no se le dé la importancia necesaria para hacerle frente, a fin de romper el círculo de temor que provoca vivir en un Municipio con altos índices de inseguridad. El Alto ha sido caracterizado por los vecinos como una ciudad violenta, insegura, o como una ciudad en la que la violencia es algo cotidiano y latente.

La población atribuye la inseguridad a los siguientes aspectos:

- ✓ Pérdida de credibilidad y confianza de parte de la población en la Institución Policial, por vinculación, corrupción e ineficiencia en su accionar con los delincuentes, originando mecanismos de autodefensa en la población y acción propia vecinal de ajusticiamiento.
- ✓ Incumplimiento de las normas que protegen a grupos vulnerables (no hay justicia). Insuficiente infraestructura (módulos policiales) y equipamiento en los niveles desconcentrados (sub-alcaldías)
- ✓ Falta de conformación de los consejos ciudadanos, como mecanismos de interacción del GMEA con la sociedad civil y organizaciones sociales.
- ✓ Baja cobertura y calidad en el alumbrado público, particularmente en las zonas periféricas y rurales.
- ✓ Grupos delincuenciales organizados que se apropian de espacios públicos.(Plan Desarrollo Municipal El Ato 2007-2011)

#### 4.5.1.11 Organizaciones sociales

En El Alto las organizaciones más representativas son: la Federación de Juntas Vecinales (FEJUVE) que agrupa a las Juntas de Vecinos; el Comité de Vigilancia, que debe velar por el control social y la participación ciudadana; la Central Obrera Regional de El Alto (COR – EL Alto), que agrupa a sindicatos de obreros conformados en empresas productivas y los Gremiales, estos últimos con una relativa capacidad de presión y convocatoria, por lo que su accionar se reduce a reivindicaciones puntuales.(Plan Desarrollo Municipal El Alto 2007-2011).

#### 4.5.2 Ambito rural – provincia Los Andes y Omasuyos

El presente informe contiene datos estadísticos disponibles a la fecha del censo de población y vivienda 2012.

##### 4.5.2.1 Familias beneficiarias del componente Riego

El componente Riego, principalmente abarca la Primera Sección: Batallas; la Tercera Sección: Pucarani de la provincia Los Andes y la Cuarta Sección: Huarina de la provincia Omasuyos.

En función a los objetivos del componente Riego del Proyecto Multiproposito, se ha identificado cuatro (4) asociaciones de regantes y cuarenta y seis comunidades (46), según el siguiente detalle:

**Tabla 4.5-23 Comunidades regantes por Asociación**

	CENTRAL AGRARIA	SUBCENTRAL AGRARIA	COMUNIDAD	ZONA DE CUENCA <sup>9</sup>	
ASOCIACION DE RIEGO TAYPICHACA - SURIQUIÑA	Suriquiña	Suriquiña	Suriquiña	Alta	
	Karhuiza	Karhuiza	Igachi	Baja	
			Cullucachi	Media	
		Huayrocondo	Huayrocondo	Baja	
			Calazaya	Baja	
			Caluyo	Baja	
			Cutusuma	Baja	
		Unión Catavi	Unión Catavi	Chiji Pata alta	Baja
				Chirapaca	Media
	Pariri			Alta	
				Yaurichambi	Media

<sup>9</sup>Para fines de consolidación de resultados de encuestas realizadas por CPM se utiliza esta ubicación relativa de la comunidad en relación al piso ecológico predominante en la comunidad.

	CENTRAL AGRARIA	SUBCENTRAL AGRARIA	COMUNIDAD	ZONA DE CUENCA <sup>9</sup>
ASOCIACION DE RIEGO KHARA KHOTA - SURIQUIÑA			Catacora	Alta
	Suriquiña	Suriquiña	Suriquiña (**)	Alta
	Karhuiza	Karhuiza	Karhuiza	Media
			Igachi (*)	Baja
			Huancane	Baja
			Cullucachi (*)	Media
			Batallas	Media
			Cutusuma	Cutusuma (*)
	Unión Catavi	Unión Catavi	Chirapaca (*)	Media
			Pariri (*)	Alta
	Cuyahuani		Cuyahuani	Baja
	Utavi		Utavi	Baja
	Copancara		Copancara	Baja
ASOCIACION DE RIEGO TUPAC KATARI	Huancuyo	Isquillani	Isquillani	Alta
			Tuquia	Alta
			Cruzani	Alta
			Alto Peñas	Alta
	Huancuyo	Huancuyo	Huancuyo	Media
			Challapata	Media
			Pajcha Peñas	Media
			Sojata	Baja
	Karhuiza	Karhuiza	Karhuiza (***)	Media
	Cuyahuani		Cuyahuani (***)	Baja
	Central Agraria Utavi		Antacollo	Baja
Kerani		Kerani	Baja	
ASOCIACION DE RIEGO PALCOCO - TAYPICHACA	Viruyo	Machacamarca	Zona Alta	Media
			Zona Media	Media
			Zona Baja	Media
	Viruyo	Viruyo	Viruyo	Media
			JankhoKhala	Media
	Palcoco	Palcoco	Aguas Claras	Alta
			Condoriri	Alta
			Litoral	Alta

	CENTRAL AGRARIA	SUBCENTRAL AGRARIA	COMUNIDAD	ZONA DE CUENCA <sup>9</sup>	
			Villa Andino	Alta	
			Palcoco		
	Chojnacollo			Hospital (♦)	Media
				Sehuenca (♦)	Media
				Pampakollo (♦)	Baja
				Chaucha (♦)	Media
	Corapata			Chipamaya (♦)	Baja
				Cabiña(♦)	Baja
				Huanacollo(♦)	Baja
				Chiarpata(♦)	Baja

(\*) (\*\*\*) Comunidades que forman parte de dos asociaciones de regantes

(\*\*) Suriquiña comparte dos sistemas de riego dividido por zonas

(♦) Comunidades recientemente asociadas a la Asociación Taypichaca – Palcoco

Fuente: Elaboración propia en base a datos de campo (CPM, 2013)

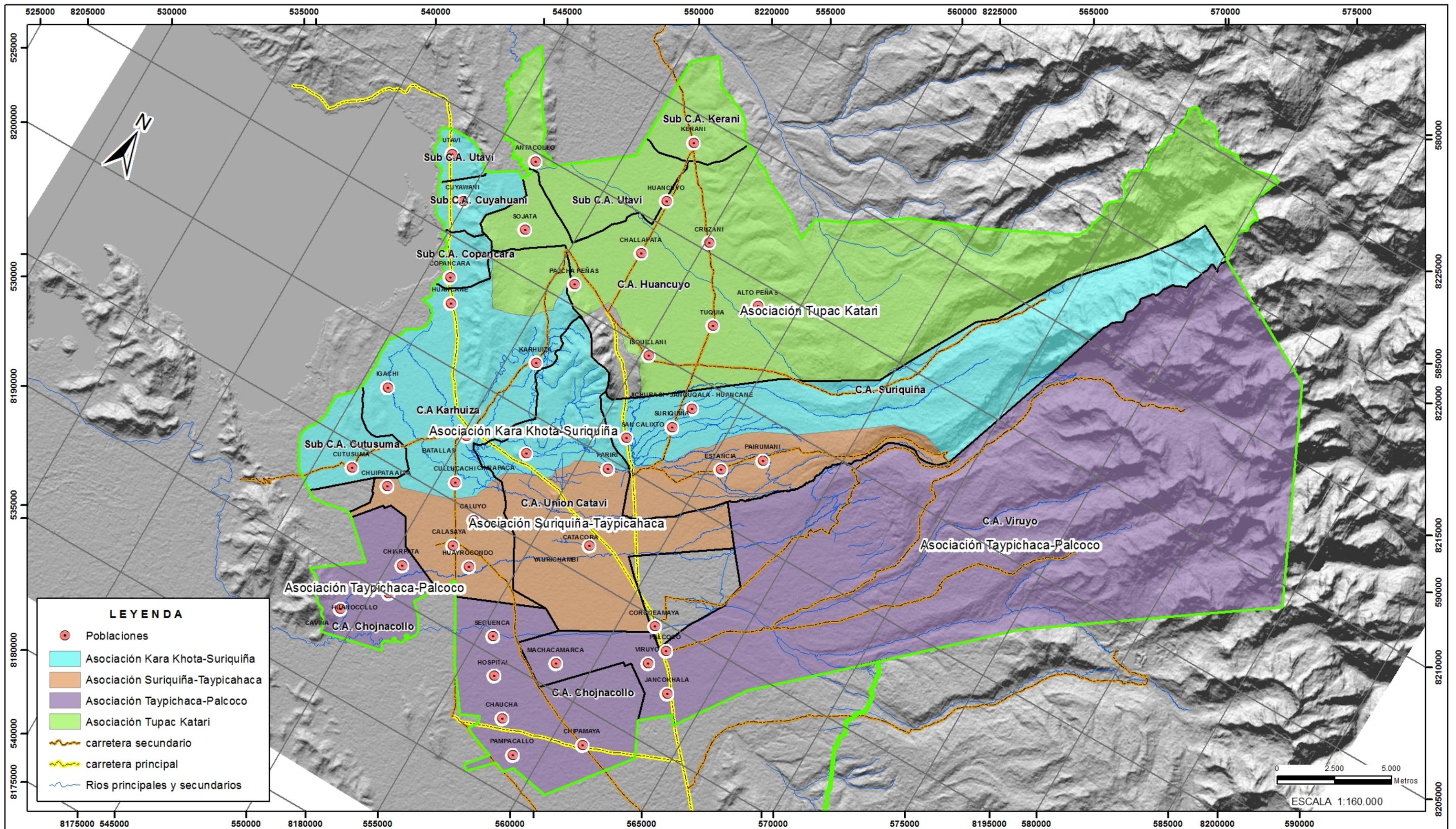
Se resalta que la comunidad de Corqueamaya no pertenece a las Asociaciones de Riego, sin embargo fue tomada en cuenta por el Estudio de Identificación (IC-Rimac, 2013), debido probablemente a que cuenta con un proyecto de microriego a nivel de TESA.

Las comunidades de Alto Peñas y Kerani, no cuentan con canales de riego, pero son socias de la Asociación de Regantes Tupac Katari porque tienen un proyecto en actual construcción.

La comunidad de Cuyahuani, pertenece a la Asociación Khara Khota – Suriquiña, sin embargo, debido a que durante muchos años no ha recibido agua de riego por fallas en el canal P1, solicitó su ingreso a la Asociación de Regantes Tupac Katari.

En este sentido, se tienen **6.930 familias** regantes distribuidas en las diferentes asociaciones de riego que son los directos beneficiarios del Proyecto de Multipropósito en el ámbito rural, según datos proporcionados por Prointec (2014).

El Mapa 10, presenta la ubicación geográfica de las indicadas comunidades y la cobertura espacial de las asociaciones de riego existentes a las que pertenecen.



#### 4.5.2.2 Aspectos históricos

La historia de los municipios del área trasciende en el tiempo a la época del imperio aymara del que fue parte en el siglo XIII, posterior a su decadencia se formaron numerosos señoríos aymaras y luego la región paso a ser parte de los territorios inkas formando el gran Tahuantinsuyo y perteneciendo a la marca del Kollasuyo.

En ese entonces los ayllus, markas y suyos eran la base del sustento de una gran civilización, que fue interrumpida con la llegada de los españoles que ocuparon estas tierras y entre ellas la Provincia Los Andes en el que formaron una serie de haciendas en todo su territorio.

Ante estos hechos el pueblo aymara comenzo a organizarse para resistir la conquista española, que entre sus hechos más destacables realiza en 1780 el cerco a la ciudad de La Paz a la cabeza del caudillo aymara Tupaj Katari.

Creada la Republica de Bolivia el actual territorio de Los Andes fue circunscrito dentro de la provincia Omasuyos como parte del Obispado de Charcas; en ese entonces Omasuyos tenía 8 pueblos capitales y 10 anexos, que incluía Pucarani, Laja y Peñas; posteriormente se desprendió como la segunda sección de la Provincia Omasuyos y finalmente se transformó en provincia mediante Decreto Ley de fecha 24 de noviembre de 1.917, constituida por cuatro secciones municipales: Pucarani, Laja, Batallas y Puerto Pérez señalándose como capital a la Villa de Pucarani. (PD Municipal Batallas 2006-2010).

#### Municipio de Batallas

Una de las principales comunidades del área de influencia es el milenario pueblo de Peñas, municipio de Batallas de la provincia Los Andes, es parte importante de la historia de Bolivia por ser el lugar donde el líder indígena Julián Apaza, quien tomó como nombre de guerra Tupac Katari, fue ajusticiado por los españoles, luego de haber protagonizado dos cercos a la ciudad de La Paz.

Sin embargo, algo que también llama la atención, a decir de sus pobladores, es que todavía está en pie, aunque sin techo, la casa donde pasaba algunas temporadas el ex Presidente de Bolivia, Mariscal Andrés de Santa Cruz y Calaumana.

La localidad, situada a 80 kilómetros de la sede de gobierno, fue declarada Monumento Nacional mediante Ley N° 773 del 31 de enero de 1986, durante la presidencia de Víctor Paz Estensoro. “Declárase de la localidad de Peñas ubicada en el cantón Peñas, tercera sección Batallas de la provincia Los Andes del departamento de La Paz, Monumento Nacional, incluyendo la iglesia, plaza mayor, radio urbano actual, cueva y entorno ecológico”, dice el artículo primero de dicha norma.

De la misma manera, también se puede apreciar el templo de Nuestra Señora de la Natividad de Peñas que data de la época renacentista, su retablo es de estilo barroco mestizo corresponde al Siglo XVIII (<http://www.fmbolivia.com.bo/noticia14380>).

El Canton de Peñas es el más antiguo del lugar fue creado mediante Decreto Supremo del 7 de noviembre de 1863, promulgado por el Presidente José María de Achá con las comunidades de Peñas, Pajcha Peñas, Huancuyo, Challapata y Sojata.

El Canton Batallas fue fundado mediante Ley de 22 de Diciembre de 1960, con las comunidades de Batallas, Catacora, Chirapaca, Igachi, Pariri, Yaurichambi y Cullucachi.

El Canton Villa San Juan de Chachacomani fue creado por Ley del 4 de Diciembre de 1968 con las comunidades Chachacomani, Alto Cruz Pampa, Coroyo, Japupampa, Kellhuani, Purapurani, Sorapujro.

El Cantón Kerani, establecido por Ley de 9 de mayo de 1980 con las comunidades Kerani, Korapata, Chojñapata, Huncallani, Jaillihuaya y Sankajahuira.

El Canton Karhuiza (Ley del 4 de febrero de 1983) con una sola comunidad Karhuiza.

El Canton Huayna Potosí de Palcoco instituido por Ley del 10 de abril de 1985 con las comunidades de Palcoco, Corqueamaya, Machacamarca, Viruyo, Villa Andino, Litoral y Condoriri (antes pertenecía a Pucarani)

El Canton Villa Remedios de Calasaya, Ley del 7 de febrero de 1986, con sus poblados de Calasaya, Caluyo, Huayrocondo, Chijipata Alta, Chijipata Baja.

Cantón Villa Asunción de Tuquía (Ley del 29 de abril de 1986) donde pertenecen Tuquía, Alto Peñas, Suriquiña, Cruzani e Isquillani.

Finalmente el Cantón que fue creado más tardíamente es Huancané (Ley del 29 de octubre de 1991) con su poblado Huancané.

Las comunidades en la parte de la cordillera (Zona Alta) fueron creándose porque presenta bofedales de altura que facilita la crianza de camélidos y ovinos.

Por su parte las Zona Centro y Baja presenta potencial agrícola y pecuario que permite a las familias generar excedentes dirigidos a la comercialización, por lo que existe un mayor número de comunidades.

### **Municipio de Pucarani**

Pucarani tiene data antigua, se escribe en la historia que este territorio antes de los aymaras e incas fue habitado por la población denominada Puquinas, socialmente organizados en clanes, donde resaltaba su indumentaria netamente de llameros con una estrecha relación con los Urus; los puquinas eran fuertes y guerreros lo que les permitió conquistar mayores extensiones de tierras y cuya característica principal fue la construcción de fortalezas para la defensa de su población. Estas fortalezas se denominaron Puqaras, que en aymara significa fortaleza, es así que la región actual de Pucarani fue uno de los asentamientos más importantes dando origen al nombre antiguo de Pukarani.

Posterior a la cultura aymara esta región formaba parte de dos grandes Señoríos: Urcusuyo y Umasuyos, para luego ser sometidos por los incas y posteriormente se inician los movimientos de liberación de donde desatacan Julian Apaza y Bartolina Sisa (1780).

Según el arqueólogo Jedú Sagárnaga, "la actual población de Pukarani está asentada sobre un antiguo asentamiento aymara que más tarde fue ocupado por los incas, por lo que vale la pena realizar un programa de excavaciones allí que podría permitirnos conocer mejor las características del asentamiento. En la localidad de Pukarani, se puede

encontrar, por ejemplo, cerámica de los señoríos aimaras e inca, cerámica y crucifijos coloniales de bronce y hasta monedas de principios de la República”. Pucarani es el “lugar donde hay una fortaleza” y el asentamiento data del Período de los Señoríos de habla aimara, que dominaron el altiplano tras la caída de Tiwanaku (entre el 1200 y 1450 d.C. aproximadamente). Según se sabe, fue una época de enfrentamientos bélicos permanentes entre las diferentes parcialidades, por lo que se debía estar preparado. Así se construyeron estas fortalezas por doquier, que en realidad eran ciudadelas fortificadas que podían resistir el asedio del enemigo por tiempo prolongado. Muy pocas de esas ‘fortalezas’ han continuado siendo ocupadas por grupos humanos como es el caso, creemos, de Pucarani. Es más, la densa ocupación que presenta en el momento actual, hace difícil la tarea de ubicar los posibles muros perimetrales del asentamiento precolombino o los cimientos de las viviendas de aquel entonces. Es posible, sin embargo, ubicar en varios puntos sensibles, concentraciones importantes de cerámica fragmentada en superficie que tienen motivos de los señoríos aymaras. Cuando los españoles invadieron Pueblos originarios, desde Chucuito hasta Tiwanaku, también ocuparon el sector de Pucarani, aquí eligieron un templo católico, probablemente sobre un antiguo templo andino.

Un dato interesante señala que Francisco Tito Yupanqui, hacia 1560, esculpió dos imágenes de la Virgen de la Candelaria, una de ellas es la venerada en el santuario de Copacabana y la otra está en el templo de Pucarani. Algunos documentos coloniales dan cuenta que hacia 1580, Pucarani era una parcialidad encomendada a don Hernando Cherinos y que contaba con una población un poco mayor a 1,200 habitantes. Uno de los hermanos del líder revolucionario de 1809 Juan Bautista Sagárnaga, Miguel, tras ser ordenado sacerdote, fue cura en el importante distrito de Pucarani y luego de Tiwanaku. Durante la Revolución Federal (1899), Pucarani fue escenario de algunas cruentas batallas entre los ejércitos conservadores que marchaban desde Sucre, y los liberales que los esperaban en el altiplano paceño. El 24 de noviembre de 1917 fue fundada Pucarani, como Capital de la Provincia Los Andes, durante la Presidencia del Dr. Guerra. Antes de esta fecha, pertenecía como Segunda Sección de la Provincia Omasuyos y era un centro de concentración.

La población de Pucarani actualmente ha perdido la importancia que alcanzó. Entonces, tenía alrededor una feria semanal, era sede de importantes movilizaciones campesino indígenas antes del cerco a La Paz en 1781. Las comunidades se fueron consolidando en base a las haciendas.

Cohana, “Capital de la amistad”, es la población que fue elevada a rango de Cantón según la Ley N° 532 del 4 de Febrero de 1983 durante el Gobierno del Presidente Constitucional de Bolivia Dr. Hernán Siles Zuazo. Los límites son los siguientes: Al Norte, con la comunidad Pachjiri y el Lago Titicaca; al Sur con Belén Yayas; al Este con Chojasivi, y al Oeste con la Comunidad Cumana”. El Cantón Cohana está ubicado a 84 kilómetros de la Sede de Gobierno, a una altura de 3.849 m.s.n.m. Una mayoría de su territorio está ocupado por serranías, pampas cultivables y una parte de lago Titicaca, sus comunidades son Pakollo, San Pedro, Cohana Grande, Tacachi, Pampa Cohana y Quircoha y con 200 has. en el enclave de Jajachi ubicada a orillas del Titikaka. En la época de la colonia se desarrolló la tradición de la lechería y la elaboración de quesos a cargo de los hacendados propietarios de estas tierras.

El Gobierno Municipal de Pucarani ha zonificado la existencia de recursos turísticos, productos culturales, paisajes auténticos y atracciones de la región de Cohana como las

ruinas arqueológicas de Waraxu y Paqullu, el Mirador de Muq'ulli, el Puente Capillani y la riqueza paisajística que cuenta todo el sector isla. La gente piensa que con la existencia de estos recursos, se necesita un museo del lago, albergues turísticos, miradores, cabañas, casetas de información turística, variadas publicaciones de promoción, etc. Su paisaje es muy atractivo ubicado en las faldas del cerro Mamit' Uta, el mas sagrado que visitan en la fiesta de Candelaria de 2 de febrero de cada año. ([http://www.mapasbolivia.net/pucarani-los-andes\\_la-paz.html](http://www.mapasbolivia.net/pucarani-los-andes_la-paz.html)).

### **Municipio de Huarina**

Huarina fue fundada el 20 de octubre de 1547, es un pueblo histórico y descendiente de los URUS (Vocablo aymara que significa Día o Amanecer), se encuentra a orillas del Lago Titicaca. Los habitantes aimaras de esa época se ocupaban de la caza y pesca. Eran aguerridos y rebeldes. El territorio Jach'a Umasuyus, (región grande de agua), comprende actualmente las provincias: Saavedra, Muñecas, Larecaja, Camacho, Manco-Kapac, Los Andes e Ingavi. Huarina, proviene de dos voces del idioma aimara "HUARI" que significa vicuña, "INCA" varios, muchas vicuñas.

Los Wari Willca, antepasados de los Kollas (clase social distinguida del altiplano andino), habitaban a orillas del Titicaca y Poopó. Tenían como forma de organización social al Ayllu y Marca (conjunto de ayllus).

En cerámica se elaboraban platos, ollas, jarros, cántaros. El idioma era el aymara, se cree que éste es uno de los más antiguos de América, proviene de la voces Jaya Mará.

En la época de la colonia, los españoles viendo la inmensa riqueza que se atesoraba en estas tierras, invadieron y asaltaron violentamente el territorio Umasuyos y sometieron a los originarios obligándolos a trabajar en las minas y la agricultura. Producto de esta nueva organización surgieron las haciendas que contaban con grandes extensiones de tierra en las comunidades de Cuyahuani, Utavi y Sancajahuira. Con la Reforma Agraria la tierra volvió a manos de los comunarios.

En Huarina se produjeron importantes acontecimientos históricos que marcaron su vida. En 1547 fue escenario de la "Batalla de Huarina" entre los españoles Centeno y Carvajal. El 13 de marzo de 1921 en Huarina tuvieron lugar sublevaciones contra la agresión de los patrones, en este tiempo los Umasuyus formaban una sola jurisdicción con Huaycho, Carabuco, Ancoraimes, Achacachi, Copacabana, Pucarani, Laja. Por otro lado, se fundan los pueblos de Santiago de Huata, Aygachi, Peñas, Tiquina, Escoma.

El 30 de noviembre de 1792 nace Andrés de Santa Cruz Calahumana quien sería el segundo presidente de la República de Bolivia y creador de la Confederación Perú Bolivia.

La región, asume históricamente un carácter beligerante reconocido por historiadores, es famosa la frase de "lazos seguros" o la actual característica de los "ponchos rojos". También fue pionera en constituir escuelas, así en los años 1910-1920 existen datos y testimonios fehacientes del funcionamiento de escuelas clandestinas, se tiene referencias en la región de Warisata (Ayllu Quillata), de escuelas a cargo de Santiago Poma y Andrés Mamani, (en K'ucho Warisata y Anuqala). (PDMs Batallas, Pucarani y Huarina).

La ocupación del territorio ha sido definida por la riqueza de los recursos naturales existentes que han permitido la sobrevivencia de su población.

El 15 de julio de 2005 se elevó a rango de municipio mediante Ley en la provincia de Omasuyos. Este fue creada sobre el territorio de lo que fueron los cantones de Huarina y Copancara, anteriormente bajo jurisdicción del municipio de Achacachi

#### 4.5.2.3 Aspectos culturales

##### Origen étnico

El origen étnico de la población es aymara con un grado de auto identificación superior al 90%, datos similares a los del año 2012 en los tres municipios como se puede ver en la siguiente tabla:

**Tabla 4.5-24 Autoidentificación con pueblos originarios o indígenas - Población mayor de 15 años (Totales y porcentajes)**

CENSO 2001					
MUNICIPIO	POBLACION DE 15 AÑOS O MÁS	QUECHUA	AYMARA	OTRO NATIVO	NINGUNO
Achacachi(Huarina)	45,287	173	43,04	73	2,001
	100%	0.38%	95.03%	0.16%	4.41%
Pucarani	15,869	53	14,719	28	1,069
	100%	0.33%	92.75%	0.17%	6.73%
Batallas	11,595	50	11,025	26	494
	100%	0.43%	95.08%	0.22%	4.26%
CENSO 2012					
MUNICIPIO	POBLACION DE 15 AÑOS O MÁS	QUECHUA	AYMARA	OTRO NATIVO	NINGUNO
Huarina	6.153	8	5.765	6	374
	100%	0,13	93,69	0,10	6,08
Pucarani	19.574	23	18.457	15	1.079
	100%	0,12	94,29	0,08	5,51
Batallas	10.349	23	10.096	6	224
	100%	0,22	97,56	0,06	2,16

Fuente: Elaboración propia con base en CNPV-2001 y 2012

##### Idiomas

La población de los municipios es de lengua nativa aymará con algunas variantes que se pueden ver en el siguiente cuadro:

**Tabla 4.5-25 Población de 6 años y más por municipio, según idioma que habla**

IDIOMAS	MUNICIPIO					
	ACHACACHI (HUARINA)	%	PUCARANI	%	BATALLAS	%
Monolingüe español	3,423	5.57	709	3.14	917	5.70
Monolingüe nativo	20,333	33.12	7,978	35.34	5,253	32.66
Español y otros	37,452	61.02	13,793	61.11	9,851	61.26

IDIOMAS	MUNICIPIO					
	ACHACACHI (HUARINA)	%	PUCARANI	%	BATALLAS	%
Otros idiomas sin español	68	0.11	34	0.15	7	0.04
No habla	70	0.11	45	0.20	27	0.12
Sin especificar	30	0.04	11	0.05	20	0.12
Total población de 6 años y más	61,376	100	22,570	100	16,080	100

Fuente: Elaboración propia en base a datos del CNPV-2001

Más del 60% de la población de los municipios analizados habla el español y otro idioma (aymara): más del 30% solo habla un idioma nativo, esto ocurre con la población de la tercera edad. En las comunidades de la zona, es común que todos los eventos se desarrollen en el idioma aymara, por lo que las autoridades exigen a las instituciones disponer de personal que hable el idioma o en su defecto deben contratar los servicios de un traductor.

### Mitos, Religión y festividades

Los mitos influyen en la realidad porque son transmitidos a través del proceso de socialización de generación en generación, lo cual permite la preservación de su identidad cultural. Por otro lado, permiten conocer la realidad que se vive. Los aymaras conciben al mito como una unidad insoluble entre tiempo y espacio y se distinguen tres niveles espaciales: Alaxpacha (arriba), Aka Pacha (centro), Manqha Pacha (abajo).

Para los aymaras el concepto Pacha engloba simultáneamente el tiempo y el espacio y la totalidad, significa que "denota la totalidad e integridad de una cosa y la probabilidad de que algo ocurra". Pacha en un sentido temporal significa tiempo, por otro lado debe mencionarse que en el mundo aimara el tiempo es cíclico.

En consecuencia, las comunidades originarias de la zona mantienen sus tradiciones y creencias religiosas basadas en el culto panteísta, por lo que creen en sus dioses como Inti, Pachamama, los Achachilas. Montañas (Surucachi, Pachjiri), peñas, cuevas y ríos donde habitan estas divinidades. La Pachamama o la madre tierra es una de las diosas articuladas a la producción, aún la gente que profesa intensamente la fe católica, continúa venerando a la Pachamama, como siglos atrás lo hacían sus antecesores. Muchas son las ceremonias en su honor: cuando comienza la siembra y la cosecha. Pero el homenaje principal se observa durante el mes de agosto, especialmente el primer día del mes.

Como consecuencia de la colonización la religión católica es la de mayor presencia en estos Municipios, pero en los últimos años la práctica de otras religiones ha ido en aumento, en la actualidad la población católica representa el 57,7% del total de la población.

Cada población celebra una festividad casi siempre ligada a la religión Católica, la única excepción registrada es la celebración del Día del Indio con un contenido histórico antes que religioso, ésta fecha celebrada específicamente en Warisata se celebra cada 2 de agosto. Las costumbres y tradiciones paralelas a las grandes celebraciones de la población son producto de un sincretismo de culturas que fueron enseñadas con las culturas ancestrales. Razón por la cual, en Huarina se celebra la festividad de la Virgen

del Rosario con rituales y prácticas que delatan un origen anterior al de la colonia como por ejemplo la ch'alla y la quema de mesas junto con elementos puramente católicos como las misas y las procesiones.

Entre las fiestas nacionales que se celebran en la zona están el carnaval y fiestas patrias; entre las festividades religiosas esta la Navidad, Semana Santa, Todos Santos, así como las fiestas de las Vírgenes de Fátima, del Carmen, de la Merced, del Rosario, Candelaria y otras. En estas fiestas las principales danzas son la morenada, caporales, cullaguadas, etc.

Las festividades y danzas típicas en la provincia Los Andes se caracterizan por contar con danzas como los Anatis (Patak Polleras); Chunchus; JachaSiku; SiwiSipi; Pascurusi o Chojasiwis; Lakitas –jiskalakitas; Mocolulu(pusipias); Qipxaruri; Sikuris – Sikuriada; Pinkillada; Takiris, Jant'a Pata. En Batallas se baila la danza de los Wacatinki que es similar a la danza WacaWaca en su vestimenta. Allí también participa el kusillo. (PDM Batallas 2012-2016).

Estas expresiones culturales no se verán afectadas por la ejecución del Proyecto Multipropósito puesto que tienen antigua data y hasta ahora ningún programa ha logrado cambiar o eliminar estas actitudes, es más, es posible que se refuercen debido a que se mejoraran las condiciones económicas de la población.

**Tabla 4.5-26: Municipio Batallas, calendario festivo**

CANTÓN	NOMBRE DE COMUNIDAD	FECHA	CELEBRACIÓN
PEÑAS	Peñas	8 de septiembre	VIRGEN DE NATIVIDAD
	PajchaPeñas	2 de agosto	ANIVERSARIO DE LA ESCUELA PAJCHAPEÑAS
KERANI	Kerani	14 de mayo/ 9 de mayo/ 25 de julio / 25/diciembre	ANIVERSARIO DEL ESCUELA/ ANIVERSARIO DEL PUEBLO/ APÓSTOL SANTIAGO/ NAVIDAD
	Korapata	25 de julio	APÓSTOL SANTIAGO
	Huncallani	14 de mayo	ANIVERSARIO DEL COLEGIO
VILLA ASUNCIÓN DE TUQUIA	Tuquía	mayo	CRISTO ASCENSIÓN
	Alto Peñas	15 de agosto	ANIVERSARIO DE LA UNID. EDUCATIVA
	Suriquiña	4 de octubre	VIRGEN DEL ROSARIO
	Cruzani	14 de septiembre	SEÑOR DE EXALTACIÓN
	Isquillani	25 de agosto	ANIVERSARIO DE ISQUILLANI
VILLASAN JUAN DE CHACHACOMANI	Chachacomani	febrero/24 de junio/6 de agosto	CARNAVALES/SANJUAN/ ANIV. BOLIVIA
	Alto Cruz Pampa	16 de julio	ANIVERSARIO DE LA PAZ
	Japupampa	16 de julio	ANIVERSARIO DEL COLEGIO
	Kellhuani	9 de mayo	ANIVERSARIO DEL PUEBLO
	Purapurani	12 de junio	ANIVERSARIO DE LA UND. EDU. PURAPURANI
	Sorapujro	24 de junio	SAN JUAN
BATALLAS	Batallas	mayo junio	ESPÍRITU SANTO
	Catacora	25 de diciembre	NAVIDAD NIÑO JESÚS
	Chirapaca	10 de septiembre	SAN NICOLÁS
	Igachi	29 de junio	SAN PEDRO
	Pariiri	16 de julio / 3 de mayo / 15 de agosto	VIRGEN DEL CARMEN / FIESTA DEL SEÑOR DE LA CRUZ

CANTÓN	NOMBRE DE COMUNIDAD	FECHA	CELEBRACIÓN
	Yaurichambi	13 de diciembre / 25 julio	SANTA LUCIA/ APÓSTOLSANTIAGO
	Cullucachi	8 de diciembre	ASUNCIÓN CONCEPCIÓN
	cutusuma	3/ de mayo/ 5 de octubre	SEÑOR DE LA CRUZ / VIRGEN DE ROSARIO
	Corqueamaya	15 de agosto	VIRGEN DE URKUPIÑA
KARHUIZA	Karhuiza	02/de febrero 24 de septiembre	VIRGEN DE LA CANDELARIA/ VIRGEN DE LA MERCED
VILLA REMEDIOS DE CALASAYA	Calasaya	06 de agosto / febrero	ANIVERSARIO DE BOLIVIA / CARNAVALES
	Caluyo	23 de junio	ANIVERSARIO DEL PUEBLO
	Huayrocondo	17 de marzo	ANIVERSARIO DE LA ESCUELA
	Chijipata Alta	11 de marzo	ANIVERSARIO DE LA ESCUELA
	Chijipata Baja	2 de agosto	DÍADEL CAMPESINO
HUANCANÉ	Huancané	10 de agosto / 03 de mayo	VIRGEN DE NIEVES / SEÑOR DE LA CRUZ

Fuente: Información extractada del PDM Batallas 2012 – 2016

En el Municipio de Pucarani las fiestas grandes son la celebración de la Virgen de la Asunta en el Canton Catavi el 14 de agosto y el 15 de agosto en el Canton Cohana que atraen a importantes grupos de morenadas. Asimismo se realizan fiestas en diferentes fechas como una atracción cultural y una oportunidad de retorno de los migrantes para visitar a su pueblo natal. Entre las principales fiestas están: Fiesta Santa Rosa de Lima en Villa Iquiaca y Comunidad Quiripujo (30 de agosto), Fiesta de Virgen de los Remedios (19 al 21 de noviembre) de Pucarani y San José (19 de marzo) Pucarani, que se han convertido como centro de atención y una forma de comercio local.

La fiesta más importante en el municipio de Huarina es la celebración de la Nuestra Señora del Rosario el 7 de octubre.

### Ayni y Mink'a

El ayni es el intercambio de bienes y servicios, distinto del simple trueque conocido como reciprocidad, juega un papel de suma importancia en el mundo aymara porque es una forma de cooperación recíproca que conlleva la mutua obligación moral de retribuir de manera equitativa lo recibido. El ayni se manifiesta en distintos ámbitos como el trabajo, los acontecimientos sociales como matrimonios, prestes, etc, donde uno recibe el apoyo necesario de los demás (especialmente de familiares y vecinos) con lo que a cambio se asume el compromiso de corresponder en la misma medida cuando la otra persona así lo requiera.

La mink'a esta más relacionada a la contratación de mano de obra para los diferentes trabajos agrícolas y o comunales. Consiste en que una familia a cambio de un pago que puede ser en producto o en dinero solicita la ayuda necesaria.

#### 4.5.2.4 Aspectos demográficos

De acuerdo con los datos oficiales del CNPV 2012, emitidos mediante el Decreto Supremo N° 1672 la población del área de influencia alcanza a 55.253 según el siguiente detalle: Huarina 8.375 hab., Pucarani 29.379 y Batallas 17.499 habitantes. Contrastando estos datos con los del CNPV de 2001, se tiene un incremento de 1429 habitantes en los últimos once años.

Según los datos de CNPV de 2012 la población que habita en el área de influencia del componente Riego llega a un total de 55,253 habitantes distribuidos en los municipios mencionados como muestra el siguiente cuadro:

**Tabla 4.5-27 Población de la zona del proyecto por sexo y según municipio**

Municipio	Total Censo 2001	%	Hombres	Mujeres	Total Censo 2012	%	Hombres	Mujeres	Tasa de crecimiento intercensal 2001 - 2012
Huarina	8.290	15,41	3.891	4.399	8.375	15,16	3.984	4.391	0,1
Pucarani	24.570	45,68	11.980	12.590	29.594	53,56	14.311	15.283	1,7
Batallas	20.925	38,90	10.166	10.759	17.284	31,28	8.366	8.918	-1,7
Total	53.785	100	26.037	27.748	55.253	100	26.661	28.592	

Fuente.- Elaboración propia en base al INE: CNPV-2001 y 2012

La mayor población beneficiaria se concentra en el municipio de Pucarani, ya que representa el 53.56% del total según datos del Censo 2012. También es interesante observar que el porcentaje de la población femenina es superior a la población masculina en los tres municipios. Por lo que en los proyectos a ser planteados se debe tomar en cuenta este aspecto.

La tasa de crecimiento intercensal de la población entre los años 1992 a 2001 es de 1.73% para el municipio de Huarina; de 0.93% para el municipio de Batallas y 1.75 para el municipio de Pucarani. Asimismo, la tasa entre los años 2001 a 2012 es de 0,1% para Huarina, 1,7% para Pucarani y de -1.7% para Batallas.

La densidad poblacional en el año 2001 es de 41.50 habitantes por kilómetro cuadrado en la provincia Omasuyos y de 42.00 habitantes por kilómetro cuadrado en la provincia Los Andes.

La edad promedio de los jefes de familia ha sido determinada a través del trabajo de campo por zonas, como se puede observar en la tabla siguiente.

**Tabla 4.5-28 Edad promedio de los Jefes de Familia**

Edad	Municipio						
	Batallas			Pucarani			Huarina
	Zona						
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Baja
Media	48	56	54	48	52	54	51

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta CPM, octubre 2013

Los datos dan como resultado una edad promedio de 51,85 años, por tanto los jefes de familia se encuentran en plena etapa productiva con tendencia a llegar en casi una década a la adultez mayor.

#### 4.5.2.5 Vivienda

La característica de las viviendas en las diferentes comunidades de los municipios de Batallas, Pucarani y Huarina son precarias y económicas en su construcción, en algunas comunidades próximas al camino carretero y al lago, las construcciones son de ladrillo y el techo de calamina, en su mayoría fueron construidas en base a adobes y tapiaderas, algunas con techo de calamina y otras mantienen el techo de paja.

En los centros poblados, especialmente donde se desarrollan ferias, se puede observar un crecimiento de las construcciones en base a ladrillo, piedra y cemento, algunas de ellas son de varios pisos y los techos son cubiertos con tejas y calamina galvanizada y plástica.

#### Materiales de la vivienda

De acuerdo a los datos del Censo 2001 y 2012, los materiales utilizados en la construcción de las viviendas, paredes, techo y piso, se puede observar en las siguientes tablas:

**Tabla 4.5-29 Material de construcción en la pared de la vivienda**

CENSO 2001

Municipio	Total viviendas	Ladrillo	Adobe, Tapial	Otro
Huarina	2,786	3.89%	95.56%	0.45%
Batallas	5,118	3.30%	96.17%	0.53%
Pucarani	7,702	1.51%	97.61%	0.88%

CENSO 2012

Municipio	Total viviendas	Ladrillo	Adobe, Tapial	Otro
Huarina	3,545	9.56%	89.70%	0.74%
Batallas	6,035	12,18%	87,06%	0,76%
Pucarani	10.946	9,03%	89,87%	1,10%

**Tabla 4.5-30 Material de construcción en el techo de la vivienda**

CENSO 2001				
Municipio	Total viviendas	Calamina	Teja	Paja
Huarina	2,786	77.63%	1.23%	20.58%
Batallas	5,118	60.31%	1.05%	38.10%
Pucarani	7,702	59.03%	0.72%	38.61%

CENSO 2012				
Municipio	Total viviendas	Calamina	Teja	Paja
Huarina	3,545	87,31%	2,31%	10,38%
Batallas	6,035	78,46%	0,36%	21,18%
Pucarani	10.946	81,82%	0,33%	17,85%

**Tabla 4.5-31 Material de construcción utilizado en el piso de la vivienda**

CENSO 2001				
Municipio	Total viviendas	Tierra	Cemento	Machiembre, parket
Huarina	2,786	80.76%	4.72%	4.03%
Batallas	5,118	79.17%	13.44%	2.42%
Pucarani	7,702	89.99%	6.24%	1.16%

CENSO 2012					
Municipio	Total viviendas	Tierra	Cemento	Machiembre, parket	Otro
Huarina	3,545	69,22%	17,46%	6,49%	6,83%
Batallas	6,035	64,52%	25,57%	5,12%	4,79%
Pucarani	10.946	74,38%	19,38%	3,14%	3,11%

Fuente.- Elaboración propia en base a datos del CNPV-2001 y 2012

El material de construcción más utilizado en las paredes de las viviendas en los tres municipios es el adobe/tapial, ya que de acuerdo a los datos de ambos censos superan el 80%, pero se debe resaltar que para el año 2012 se ha elevado el porcentaje de la utilización del ladrillo.

La mayor parte de las viviendas utilizan en el techo la calamina, también se observa que la utilización de paja ha disminuido con relación a los datos del Censo 2001.

Aunque aún un porcentaje elevado de las viviendas tienen pisos de tierra, los datos muestran una disminución, rango que oscilaba entre los 80 y 90% y que ahora esta entre los 60 y 70%. Por el contrario se han elevado los porcentajes de utilización demateriales como cemento, machimbre, parket entre otros según el Censo 2012.

#### 4.5.2.6 Servicios básicos

A continuación se analizarán algunas características de los hogares respecto a los servicios de los que disponen:

**Tabla 4.5-32 Principales características del hogar (porcentajes)**

CENSO 2001							
Municipio	Total Hogares	Con más de 3 personas por dormitorio	Sin agua por cañería de red	Sin energía eléctrica	Sin servicio sanitario	Cocina con leña	Vivienda propia
Huarina	2,786	26.44	55.93	53.00	62.16	30.84	94.64
Batallas	5,118	30.75	76.24	60.30	66.02	5.67	94.57
Pucarani	7,702	33.30	83.77	61.19	69.25	6.43	94.44
CENSO 2012							
Municipio	Total Hogares	Sin agua por cañería de red	Sin energía eléctrica	Sin servicio sanitario	Cocina con leña	Vivienda propia	
Huarina	3,545	40,45	28,58	49,79	19,35	95,4	
Batallas	6,035	49,93	27,01	51,43	6,96	96,34	
Pucarani	10.946	60,28	34,04	59,65	11,69	94,71	

Fuente: Elaboración propia con base en datos del CNPV-2001 y 2012

El municipio de Pucarani presenta el mayor porcentaje en cuanto a carencia de servicios básicos como agua por cañería de red, energía eléctrica y servicio sanitario.

El municipio de Batallas presenta mayor hacinamiento, pues tiene hasta tres personas por dormitorio, dos personas por habitación y el hogar tiene un tamaño medio de 4 miembros.

#### Servicio de Agua Potable en el área de intervención

**En el municipio de Huarina**, en el año 2001 el 55,93% de los hogares no contaban con el servicio básico indispensable del agua por cañería de red, y para el año 2012 solo el 40,45%, todavía los datos muestran que se consume agua de arroyos, vertientes naturales y pozos en condiciones inapropiadas; solo las zonas de Huarina y Copancara cuentan con este servicio básico proveniente de un estanque, sin embargo el agua no es tratada ni potabilizada (PDM Huarina 2012-2016).

Huarina, actualmente, cuenta con este sistema, el agua es captada desde la Comunidad de Coromata Alta, sobre el río Qiqa Jawira. Este proyecto ha sido ejecutado con Fondos de Participación Popular, actualmente este sistema es administrado por el Comité de Agua Potable.

**En el municipio de Batallas**, la atención del servicio de agua potable es independiente en cada una de las comunidades, a cargo de Comités de Aguas que se encargan del mantenimiento y administración de los sistemas, el servicio de alcantarillado en el caso de la localidad de Batallas es atendida por AMAPA.

De acuerdo con los datos del censo 2001, el acceso al servicio de agua potable era del 23,76% que equivale a 2016 familias que cuentan con el servicio; de las cuales 267 viviendas (el 5%) tienen acceso con instalaciones de agua potable en la propia vivienda y 1749 tienen acceso por cañería pero con la instalación en el patio (es decir un 29%); el resto 3,106 familias recurre a la utilización de pozos o acequias para proveerse del líquido elemento. Por cantones: Batallas posee un mayor acceso al servicio tanto en la vivienda como fuera (1175 familias); luego Calasaya (265 familias con acceso) y Peñas (181 familias); en el resto de los cantones el acceso es deficiente. (PDM Batallas 2006-2010).

De acuerdo con los datos del último censo, 2012, el 50,07% de las familias ya cuentan con instalaciones de agua por cañería de red.

De acuerdo con los datos levantados durante el trabajo de campo, se constató que en el sector de Palcoco sólo la localidad urbanizada cuenta con un sistema de agua: según referencias, se tiene diseñado el proyecto para la ampliación del existente y el abastecimiento a toda la Central Agraria de Viruyo que no cuenta con agua potable.

Las comunidades de Seguenca, Hospital, Chaucha, Huanacollo y Chipaya, si bien cuentan con un sistema de agua, se encuentran inmersos en este proyecto con el fin de ampliar y mejorar la red de distribución existente, estas comunidades ya cuentan con tanques elevados exceptuando a Huanacollo que tiene su tanque enterrado.

En el área de Tupac Katari, las comunidades que cuentan con agua potable son: Alto Peñas, Isquillani, Cruzani, Huancuyo y Pajcha Peñas (área urbana), la construcción de estos sistemas se llevaron a cabo con recursos del POA municipal y por la exigencia de los comunarios.

En lo que respecta al sector de Batallas, las comunidades que cuentan con agua son Catacota, Pariri, Yaurichambi y Chijipata Alta, las demás pretenden que con el proyecto Multipropósito puedan contar ya con sistema de agua potable, de igual manera que el sector de Tupac Katari, la construcción fue a través del POA municipal, tan sólo Chijipata fue gracias al apoyo de la ONG Adra Bolivia. Estas comunidades tienen su toma de agua en la comunidad de Catacora, que cobra una regalía anual de Bs. 1800 por el uso de esa toma.

**En el municipio de Pucarani**, el 83,77% de los hogares carecían del servicio de agua por cañería de red. Los cantones con mayor cobertura de este servicio son Catavi, Chojasivi, de la zona Sur, Patamanta y Corapata de la zona Norte y del Centro el cantón Pucarani. Cabe mencionar que los cantones con menor cobertura son Iquiaca, Chipamaya, Cohana y Chiarpata. Es necesario recalcar que en comunidades como Chiarpata pese a que se tiene extendida la red de distribución ésta no funciona por falta de operación y mantenimiento y reposición de equipos (motor), situación que se presenta en varias comunidades del municipio y que en los datos obtenidos figuran como si no tuvieran este servicio. Se evidencia que un problema que aflige a la población es la calidad del servicio de dotación ya que en muchas poblaciones escasea el agua en época de estiaje, esto es atribuible a que las fuentes no abastecen con la cantidad suficiente y lamentablemente para muchas poblaciones es la única con la que cuentan. Esto origina la restricción al líquido vital, teniendo como consecuencia el riesgo de la población en particular de los niños a contraer enfermedades por el consumo de agua no tratada.

El cantón de Villa Vilaque tiene 6 comunidades sin este servicio (Cochapampa, Surichata, Huaripampa, Collpani, Murucantaña, Pampajasi), también el cantón Huayna Potosí presenta 3 comunidades que requieren la construcción del sistema (Litoral, Condoriri, Villa Andino). En la zona Centro los cantones de Iquiaca y Pucarani requieren la perforación de pozos para acceder a este servicio debido a que no cuentan con otras fuentes de agua.

El pueblo de Pucarani, requiere también la ampliación del sistema de agua potable o construcción nueva, considerando que existe la presencia de mayor población por las actividades económicas y educativas que se vienen desarrollando. (PDM Pucarani 2007-)

De acuerdo con los datos del Censo 2012, el porcentaje de los hogares que no contaban con cañería de red a disminuido favorablemente llegando al 60%.

### Energía eléctrica

**En Huarina**, el año 2001 el 53% de los hogares no contaban con ese servicio. Las zonas de Copancara y Huarina, próximas al lago Titicaca y a lo largo del tramo carretero a Achacachi y Chua, se encuentran con el alumbrado público, en cambio las comunidades alejadas a la población de Huarina no contaban con el servicio de alumbrado público (Comunidades Sipe Sipe y Berenguela).

Para el año 2012 se ha reducido el porcentaje de los hogares que no cuentan con el servicio de energía eléctrica a 28,58%.

**En Batallas**, más del 60% de las viviendas carecían de energía eléctrica. El 40% de la población tiene acceso al servicio de energía eléctrica (es decir lo utiliza), si bien la red puede permitir un mayor acceso, muchas familias no lo utilizan; por cantones se puede destacar que en Batallas, Karhuiza, Calasaya, Huancané y Peñas existe la mayor cantidad de familias que utilizan el servicio; siendo Chachacomani y Kerani los cantones donde el acceso es reducido. (PDM Batallas 2006-2010)

Según los datos del censo 2012, las viviendas que ya cuentan con este servicio representan un porcentaje superior al 70%, es decir se han invertido los datos que se tenían.

**En Pucarani**, según el Censo del 2001 la cobertura del servicio de energía eléctrica es de 38,81%, actualmente la cobertura del servicio se ha incrementado y según los datos de los autodiagnósticos de la gestión 2006 llega al 66%, dato que también se corrobora con los del censo 2012.

La cobertura de energía eléctrica en las zonas es variable, la zona centro y específicamente el cantón Chiarpata y Villa Iquiaca tienen los valores mayores con 91% y 89% respectivamente; la zona tiene una cobertura global promedio de 89%.

### Servicio sanitario

De las veinticuatro comunidades pertenecientes al municipio de Huarina, solo en ocho comunidades se cuenta con un 10% de servicios higiénicos sanitarios consistentes en letrinas o baños secos (proporcionadas por ONG's como el caso de Plan Internacional).

Del resto de las familias del municipio un 20% cuenta con un pozo séptico en funcionamiento, los demás realizan sus necesidades básicas a campo abierto, la falta de

infraestructura higiénica sumadas al conformismo de la gente imposibilitan que las comunidades puedan beneficiarse de este servicio básico.

Para las cifras del último censo, el 50,21% ya tiene acceso al servicio sanitario en todo el municipio de Huarina. **En el municipio de Batallas** en el nivel seccional el 66% de las viviendas no posee acceso al servicio de eliminación de excretas, solo en la localidad de Batallas existe alcantarillado y en el resto de las comunidades solo letrinas.

Los medios utilizados para la eliminación de excretas presentan una mayor cobertura en los cantones de Batallas, Karhuiza, Calasaya y Kerani; en el resto de los cantones la cobertura es muy limitada.

Según los datos que se tienen del año 2012, el 48,57% de las viviendas ya cuentan con acceso al servicio sanitario.

**En Pucarani** el 69,25 % de los hogares no dispone de servicio higienico. Las letrinas familiares de construcción rústicas son hasta el día de hoy los medios utilizados para la eliminación de excretas en el área rural del municipio. El pueblo de Pucarani es la única población que cuenta con un sistema de alcantarillado que actualmente necesita una ampliación para un mejor funcionamiento.

Considerando el tipo de infraestructura utilizada para la eliminación de excretas Pucarani presenta una cobertura del 43,0%, superando el valor registrado por el INE 2001 de 30,75%, cifra corroborada por el censo 2012.

Se destaca con mayor cobertura de este servicio la zona centro con un valor de 54% y en particular el cantón Pucarani con 62%; le sigue la zona sur donde la población cuenta con este servicio en un 40% y por último la zona norte con 38%.

#### 4.5.2.7 Educación

La educación es el componente que relaciona la necesidad de los individuos a formarse e ilustrarse, además de mejorar sus oportunidades, capacidades e incorporación de las personas en la vida productiva y laboral. Para ello, se considera los años de escolarización de las personas en relación con su edad, la asistencia para aquellos en edad escolar, y la condición de alfabetización para todos los mayores de 15 años.

La Dirección Distrital de Educación realiza la gestión educativa representada por el Director Distrital de Educación apoyado por un equipo técnico y personal de apoyo secretarial, en cada uno de los municipios.

Por otra parte tiene relación con los órganos de participación social a través de las Juntas Escolares y autoridades locales, los cuales son representantes de la comunidad para conformar junto con los directores, docentes y estudiantes, la “comunidad Educativa”.

Las principales características de la educación en el área del proyecto se pueden ver en la siguiente tabla:

**Tabla 4.5-33 Características principales de educación (porcentajes)**

Municipio	Tasa de analfabetismo	Tasa de asistencia escolar	Nivel de instrucción bachiller o superior	Años promedio de estudio
Huarina	25.13	83.64	20.48	5.30
Batallas	22.32	83.82	16.98	4.94
Pucarani	24.86	82.84	13.33	4.40

Fuente: Elaboración propia en base a datos del CNPV-2001

La tasa de analfabetismo, es decir el número de personas de 15 años o más de edad que no saben leer ni escribir según datos del censo de 2001 era de 25.13% en el municipio de Huarina, 22.32% en el municipio de Batallas y 24.86% en el municipio de Pucarani. Estos valores son similares en los tres municipios, sin embargo, es posible que en la fecha actual se hayan reducido por los programas del gobierno “Yo sí puedo” que fueron ejecutados a nivel nacional.. Los datos del Censo 2012 indican que el departamento de La Paz presenta una tasa de alfabetismo superior al promedio nacional 94,98%, además que las tasa de alfabetismo en mujeres se ha elevado con respecto al anterior censo, actualmente se tiene una tasa de alfabetismo de 93.16%. En el caso de los varones la tasa de alfabetismo es de 97,66%, lo cual es un reflejo de las políticas sociales.

La tasa de asistencia escolar, o sea el número de personas de 6 a 19 años de edad que asisten al sistema escolar es de 83.64% en el municipio de Achacachi, en el municipio de Batallas es de 83.82% y en Pucarani es de 82.84%. En la actualidad debido a la aplicación de la reforma educativa y a los incentivos promovidos por el Gobierno Central como el bono Juancito Pinto, estos datos posiblemente hayan mejorado de manera considerable. Para el departamento de La Paz, la tasa de asistencia escolar es de 85,88% de lo cual la tasa de asistencia escolar femenina alcanza a 84,43% y masculina es del 86,32%. Como se puede observar los valores no presentan diferencias significativas.

El número de cursos o años aprobados en el sistema escolar y/o superior por las personas mayores de 19 años de edad es de 5.30en el municipio de Achacachi, 4.94en el municipio de Batallas y 4.40en el municipio de Pucarani.

Un dato que llama la atención en los tres municipios es que la cobertura en el nivel secundario, se redujo en los últimos cinco años;este dato no se debe propiamente a la falta de infraestructura educativa sino más bien a que existe una mayor tendencia de los alumnos de secundaria a continuar sus estudios en la ciudad o en su defecto se ocupan en alguna labor abandonando los estudios secundarios, lo cual se refleja en los datos a nivel nacional que indican que solo el 65% de los estudiantes entre los 15 y 19 años prosiguen sus estudios.

### Infraestructura educativa

Analizando la existencia del equipamiento educativo en los tres municipios se tienen los siguientes resultados:

**Tabla 4.5-34 Infraestructura educativa (totales)**

Infraestructura	Batallas	Pucarani	Huarina
Unidades educativas	52	72	25
Primaria	36	44	20
Secundaria	10	0	0
Ambos	6	26	5
No. De alumnos inscritos	5,004	8,371	1,384
No. De docentes	362	435	138

Fuente: Elaboración propia en base a datos de los PDMs

En el área del proyecto existen 144 Unidades Educativas donde estudian 14,759 alumnos a cargo de 935 docentes.

Pucarani, se constituye en el municipio con mayor equipamiento educativo y, por ende, con mayor número de estudiantes.

En Batallas la infraestructura existente en los núcleos posee distinto nivel de calidad; en general el estado de la infraestructura municipal es regular, la mayor parte de las construcciones son de adobe y muy pocas de ladrillo, la más antigua de las unidades es Genoveva Ríos cuya construcción data de 1943.

La mayor parte de las Unidades Educativas tiene el servicio de agua potable funcionando, con excepción del Colegio Técnico Simón Bolívar de Suriquiña.

En cuanto al servicio de Energía Eléctrica el 100% de las Unidades educativas que poseen el servicio tienen el servicio funcionando y 34 UE no han instalado el servicio.

En cuanto a saneamiento, solo 35 U.E. tienen instaladas letrinas de las cuales en 5 unidades el servicio no funciona por falta de mantenimiento.

En Huarina el 60% de estos centros educativos está construido con ladrillo y techos de calamina, el 30% restante es de construcción precaria material local, (adobe, madera y calamina) por tanto su estado es regular y el 10% se encuentra en malas condiciones.

La dotación de servicios básicos por establecimiento, como el agua potable, energía eléctrica y baños sanitarios reflejan la situación general del municipio. Son muy pocos los centros escolares que cuentan con una pileta pública de agua bien diseñada, ya que la mayoría está improvisada mediante sistemas de captación de ojos de agua y vertientes existentes sin tratamiento alguno.

Con relación a los servicios sanitarios, son casi inexistentes, algunas unidades educativas cuentan con letrinas, pozos sépticos y una mayoría de estas unidades los alumnos hacen sus necesidades a campo abierto en los alrededores.

### **Educación superior**

En el municipio de Batallas, existen dos unidades de formación superior, una privada (Universidad Católica Boliviana) y la otra estatal (Universidad Indígena Tupaj Katari).

La Universidad Católica Boliviana a través de la Unidad Académica Campesina Batallas (UAC – Batallas) posee infraestructura para la formación de profesionales en las carreras de: Agroindustria, Medicina, Veterinaria y Zootecnia, a nivel licenciatura.

La Universidad Indígena, Comunitaria, Intercultural y Productiva–UICIP "Tupac Katari", creada mediante D.S. 29664 de 2 de agosto de 2008 tiene aproximadamente 500 estudiantes en sus cuatro carreras: Ingeniería Agronómica Altiplánica, Ingeniería en Industria de Alimentos, Ingeniería en Industria Textil e Ingeniería en Veterinaria y Zootecnia. bajo los grados académicos de Técnico Superior, Licenciatura y Maestría. Desarrolla sus actividades en la comunidad de Huayrocondo, Warisata, provincia Omsayusos de La Paz.

En Pucarani la UCB oferta la carrera de enfermería y la Normal Técnica Mcal. Andrés de Santa Cruz de Calahumana forma docentes a nivel técnico.

#### 4.5.2.8 Salud

Según el INE el indicador más evidente del servicio de salud es la atención de partos. En este sentido, la tabla 3.61 indica que del total de mujeres parturientas se registra que apenas el 10% acudieron a un establecimiento de salud. Cerca del 10% tuvieron a sus hijos en su domicilio atendidas por personal médico una enfermera o auxiliar de enfermería de los centros de salud. El resto de los partos ocurrieron en los domicilios atendidos por familiares o parteras del que no se tiene un reporte. Estos datos no fueron procesados por el Censo 2012 por lo que no se puede hacer un análisis comparativo y constatar el comportamiento en función a las políticas sociales adoptadas por el gobierno.

**Tabla 4.5-35 Atención del último parto (porcentajes)**

Municipio	Atención de partos	
	Atención del último parto en establecimientos de salud	Atención del último parto en domicilio por personal médico, enfermería o auxiliar de enfermería
Achacachi (Huarina)	7.04	11.05
Batallas	7.44	10.03
Pucarani	6.89	9.05

Fuente: Elaboración propia en base a datos del CNPV-2001

Los altos índices de pobreza en Bolivia, principalmente en las Provincias de Los Andes y Omasuyos, además de otros factores determinantes como: el bajo nivel educativo de la población, conjuntamente con la falta de hábitos de higiene y prevención, impiden mejorar la salud de la población del área.

#### Infraestructura de salud

La siguiente tabla muestra la infraestructura de salud en los tres municipios:

**Tabla 4.5-36 Infraestructura de salud (porcentajes)**

Establecimiento de salud	Pucarani	Batallas	Huarina
Centro de Salud (Hospital)	1	1	1
Puesto de Salud	8	4	1
Personal de salud	6 médicos, 4 enfermeras, 12 enfermeras auxiliares	3 médicos, 1 enfermera, 8 auxiliares de enfermería	1 médico, 1 enfermera, 3 auxiliares

Fuente: Elaboración propia en base a datos de los PDMs

El servicio de salud del Municipio Pucarani depende de la Gerencia de Salud Ingavi-Los Andes cuya base es la ciudad de Viacha. La atención de salud es realizada por el Hospital Ayni de Pucarani y 8 puestos de Salud distribuidos en las capitales de cantones. El Hospital atiende en la ciudad Pucarani, capital de provincia que tiene cobertura en las zonas Centro y Norte, aunque preferentemente la población de los cantones de Vila Vilaque, Patamanta y Palcoco prefiere trasladarse a los hospitales de las ciudades de El Alto o La Paz.

Por su parte, los pobladores de la zona Sur por su lejanía prefieren acudir al hospital de Tihuanacu, así como los centros hospitalarios de El Alto y La Paz, quedando la atención local a cargo de los puestos de salud ubicados en Chojasivi y Catavi.

El Municipio de Batallas cuenta con 1 establecimiento de salud de primer nivel y 4 puestos de Salud con un promedio de número de 0,64 camas por cada 1000 habitantes, con una cobertura de atención de parto institucional de tan solo el 23,86 %, un promedio de consultas prenatales por embarazada atendida de 2,32. El Municipio de Batallas presenta una tasa de mortalidad infantil elevada que llega al 71 por por 1000 nacidos vivos, superior a la nacional, Bolivia registra una tasa de mortalidad infantil en menores de cinco años de 51 por 1000 nacidos vivos (UNICEF, 2012). Entre las principales causas se encuentran la neumonía y la diarrea.

El servicio de salud en el cantón Huarina consta de una pequeña infraestructura ubicada al lado de los predios ocupados por la actual Sub-Alcaldía de Huarina, en el centro de la localidad que cuenta con cinco profesionales al servicio de la población quienes se organizan para atender a todas las comunidades.(IC RIMAC SRL)

### Enfermedades predominantes

En los adultos hay mayor incidencia de enfermedades gastrointestinales, las respiratorias las relacionadas a las infeccionares hepatobiliares, la próstata, las vías urinarias, la conjuntivitis y las complicaciones del embarazo en las mujeres.

En la población infantil son frecuentes las enfermedades diarreicas agudas (EDAs) con elevada presencia de disenterías y enteritis. Las infecciones respiratorias agudas de las vías respiratorias (IRAs sin neumonía) son las más preocupantes, existen también problemas de sarampión, varicela, faringitis y parasitosis.

En las poblaciones de la zona sur, regiones cercanas a los bofedales, ríos y el lago Titicaca, últimamente se ha detectado la presencia de la Fascioliasis (t'alpa laqu),

enfermedad parasitaria causada por la Fasciola hepática que también es una amenaza a la salud humana al margen de que ha afectado severamente al ganado bovino y ovino. Se ha detectado la presencia de la Fasciolosis con las tasas más elevadas en las provincias Ingavi, Los Andes, Omasuyos y Murillo(PDM Pucarani).

Según los datos proporcionados por el Centro de Salud de Batallas, la prevalencia de enfermedades en el período enero a marzo 2014 han sido las IRAS sin neumonía que afectan a hombres y mujeres de todas las edades; en menor proporción están presentes las endermedades diarreicas agudas, que afectan con mayor frecuencia al grupo de edad de 1 a 4 años, se han presentado 13 casos en el sexo masculino y 10 en mujeres. Es necesario hacer notar que en este periodo no se presentaron casos de mortalidad infantil ni otros. La siguiente tabla fue elaborada en base a registros semanales proporcionados por el Director del Centro de salud Batallas.

**Tabla 4.5-37: Centro de Salud Batallas: prevalencia de enfermedades según sexo y grupo etáreo**

Grupo etario y sexo	Menor de 1 año		1 a 4 años		5 a 9 años		10 años y más	
	M	F	M	F	M	F	M	F
Enfermedad diarreica aguda	7	3	13	10	0	0	1	2
IRA sin neumonía	39	31	27	35	6	5	42	42

Fuente: Elaboración propia en base a registros semanales del Centro de Salud. 2014

Por su parte, en el Centro de Salud Palcoco, la prevalencia de enfermedades en el periodo junio 2013 a febrero 2014 son las IRAS sin neumonía, no se han registrado casos más severos.

Las EDAS tienen una mayor incidencia en el grupo etáreo de 1 a 4 años de edad, 18 niños y 22 niñas han confrontado este problema de salud en el periodo señalado, no obstante no hubo ningún deceso.

La siguiente tabla refleja la información proporcionada por el Director del Centro en base a registros semanales.

**Tabla 4.5-38 Centro de Salud Palcoco: prevalencia de enfermedades según sexo y grupo etáreo**

Grupo etario y sexo	Menor de 1 año		1 a 4 años		5 a 9 años		10 años y más	
	M	F	M	F	M	F	M	F
Enfermedad diarreica aguda	12	14	18	22	0	4	1	3
IRA sin neumonía	26	16	60	44	11	10	60	69

Fuente: Elaboración propia en base a registros semanales del Centro de Salud. 2014

De acuerdo a los datos del Censo 2012, el 47,8% de la población de Pucarani acude a los centros de salud públicos, de Batallas el 51,3% y de Huarina el 52,8%.

## Medicina tradicional

En el país perviven prácticas medicinales que provienen de un conocimiento ancestral y que forman parte de las tradiciones, en las últimas décadas se ha reconocido su aporte a la salud y ha ido cobrando fuerza como parte de las políticas sociales.

En el área del proyecto, la práctica de la medicina tradicional está enraizada en la vida cotidiana de la población adulta. Lo mítico y lo mágico de las fuerzas naturales pareciera tener fuerte influencia a la hora de solucionar problemas de salud y en algunos casos extremos con satisfactorios resultados. Con este propósito acuden al uso de remedios naturales, generalmente caseros y preparados en base a yerbas, plantas y productos naturales de la región. La cultura aymara supo mantener y conservar los ritos y costumbres que tienen que ver mucho con las curaciones de malestares conocidos como extrañas según la cosmovisión andina.

Las enfermedades y males que los Curanderos, Sabios y Parteros, tratan respectivamente, frecuentemente están relacionados con el susto de los niños y adultos (Ajayu Thuquqata, Katja, otros), dolores de cabeza (P'iqi Usu), dislocaciones y fracturas (Mach'xtata, P'akjata), sobreparto, fiebre, resfrío, diarrea, dolores de estómago, dolores de hígado, tos seca, el reumatismo y el mal de ojo.

Cuando se presentan enfermedades de este tipo se recurre a remedios naturales y caseros preparados en base a productos que existen en la región en distintas infusiones, mates, baños, etc. preparados con productos vegetales como yerbas, plantas, arbustos, semillas y en menor proporción productos de origen biológico como la leche materna o animal (leche de burra) orina, estiércol de animales, etc.

Con el fin obtener la percepción de la población en relación al uso de la medicina tradicional, el Censo 2012 determinó que en Huarina el 36,5% la utiliza, en Pucarani los datos revelan que el 33,2% y Batallas el 40,6%, de lo cual se infiere que una tercera parte de la población prefiere este tipo de medicina al momento de solucionar los problemas de salud.

### 4.5.2.9 Situación de pobreza

A pesar de lo complejo que es definir la pobreza se debe indicar que este término está asociado a un estado de necesidad, carencia o privación de los bienes y servicios básicos e ingresos económicos mínimos para el sustento de la vida; asimismo, la pobreza es entendida como una situación o forma de vida que surge de la imposibilidad de acceso o carencia a los recursos para satisfacer las necesidades físicas básicas que inciden en un deterioro del nivel y calidad de vida de las personas, tales como la alimentación, la vivienda, la educación, la salud y el acceso a los servicios básicos como ser agua potable y luz. Debido a la falta de datos complementarios que permitan actualizar el análisis de la pobreza, aún se utilizan los datos del Censo 2001.

Para el área del proyecto se definen los siguientes grupos de población de acuerdo al grado de satisfacción o insatisfacción de las necesidades básicas:

**Tabla 4.5-39 Situación de pobreza por municipios**

Municipio	Población analizada* y porcentaje de pobres	NO POBRES		POBRES		
		Necesidades Básicas Satisfechas	Umbral de pobreza	Pobreza moderada	Indigencia	Marginalidad
Achacachi (Huarina)	69,100 93.3%	448 0.65%	4,205 6.08%	28,851 41.7%	33,179 48.01%	2,417 3.5%
Pucarani	26,802 97.7%	69 0.25%	535 1.99%	6,769 25.25%	17,769 66.29	1,577 5.88%
Batallas	18,693 95.7%	69 0.14%	535 4.17%	6,769 36.89%	17,451 53.10	1,577 5.68

Fuente.- Elaboración propia en base a datos del CNPV-2001

\* Para el análisis de la pobreza se han excluido a las personas que residen en viviendas colectivas (cuarteles, hospitales y otros), las que residen habitualmente en el exterior y personas que fueron empadronadas en la calle.

En general a través de esta metodología se afirma que para el año 2001, el municipio de Achacachi (Huarina) presenta el 93.3% de su población calificada como pobre. En el municipio de Batallas el 95.7% de su población era pobre y en el municipio de Pucarani el 97.8% de los hogares fueron considerados como pobres.

Asimismo, en los tres municipios, alrededor del 50% de la población pobre está en situación de Indigencia. Es decir que presenta inadecuación en vivienda, en educación, en salud, etc. por debajo de los indicadores establecidos.

Dada la información con que se cuenta a través de la encuesta de campo se ha optado por desarrollar una metodología propia combinando los componentes del método de NBI, la línea de ingresos y los criterios que se utilizan para medir el grado de vulnerabilidad de las familias afectadas en proyectos de infraestructura.

### **Evaluación de las carencias**

Para determinar la carencia de cada componente, se evalúa si la observación del hogar es menor o mayor que la norma, en el primer caso se considera que el hogar presenta un *estado de insatisfacción* o *carencia*; de lo contrario, el hogar tiene la *necesidad satisfecha*.

Si se trata de una variable cualitativa (como por ejemplo, los materiales de construcción, el sistema de distribución de agua, nivel de instrucción, etc.), la evaluación requiere que se asignen valores o puntajes de calificación a cada una de las alternativas de respuesta de la boleta. Esta calificación se realiza en función de la calidad que represente cada opción como satisfactor de una necesidad.

Valores bajos reflejan niveles de insatisfacción y mientras más altos indican una satisfacción por encima del nivel mínimo mayor grado de satisfacción.

El índice de carencia debe ser contabilizado para cada variable. A continuación se describen los cálculos de este índice y las calificaciones asignadas para cada componente.

**Tabla 4.5-40 Componentes del método y valores asignados para el cálculo del nivel de pobreza**

Alta		Media		Baja	
Variable	Puntaje	Variable	Puntaje	Variable	Puntaje
<b>Material de la Vivienda</b>					
Piso de tierra	0	Piso de cemento	2	Piso de madera o cerámica	4
Techo de paja	0	Techo de calamina	2	Techo de teja, fibrocemento	4
Pared sin revoque	0	Pared con revoque	2		

**Servicios básicos**

Agua de lluvia, río o vertiente	0	Agua de pozo con o sin bomba	2	Agua de cañería de red	4
No tiene baño	0	Baño compartido con otro hogar	2	Baño privado	4
Utiliza leña para cocinar	0	Utiliza gas licuado para cocinar	2	Utiliza energía eléctrica para cocinar	4

**Educación- nivel de instrucción alcanzado**

Ninguno	0	Primaria	2	Secundaria	3	Bachiller o superior	4
---------	---	----------	---	------------	---	----------------------	---

**Ingreso**

Ingreso menor a 1000	0	Hasta 2000	2	Más de 2000	4
----------------------	---	------------	---	-------------	---

**Hogar**

Con Más de 10 miembros	1	5 a 10 miembros	2	1 a 4 miembros	4
Con 4 miembros de 3ra edad	0	Con 2 miembros de 3ra edad	2	Con Ningún miembro de 3ra edad	4
Con 4 y más menores de 5 años	0	Con 3 menores de 5 años	2	Sin menores de 5 años	4
Jefa de hogar Mujer sola	1	Jefe de hogar hombre de 3ra edad	2	Jefe de hogar Menor de 60 años	4
Con persona discapacitada	0	Sin persona discapacitada	2		

**Agregación de valores**

Se agregan todas las carencias de cada hogar en un solo indicador, se procede de la siguiente manera:

$$NP = \frac{\sum V1+Vn}{Vn}$$

Donde:

- NP = Nivel de Pobreza
- V1 = Variable 1 hasta Variable n
- Vn = Total de variables

El método promedia los índices de carencia de sus componentes y a su vez es un índice de carencia. Su recorrido es el mismo, al igual que sus rangos de satisfacción e insatisfacción.

### Nivel de pobreza

La construcción de estos niveles pretende dar a conocer la intensidad de la pobreza. Consisten en dividir la puntuación del método [0 - 4] en tres segmentos, que forman tres grupos y cada uno de ellos representa un nivel de pobreza. Cada hogar se clasifica en el estrato que le corresponde según el promedio alcanzado. A continuación

**TABLA 4.5-41 Niveles de pobreza según puntuación alcanzada**

Nivel de pobreza	Puntuación del nivel de pobreza
Pobreza Alta	$0,00 < NP \leq 1,50$
Pobreza Media	$1,50 < NP \leq 2,50$
Pobreza Baja	$2,50 < NP \leq 4,00$

**Pobreza Baja:** presenta condiciones de vida ligeramente por debajo de las normas de pobreza.

**Pobreza Media:** es la que presenta inadecuación por debajo de las normas.

**Pobreza Alta:** carece de servicios de agua y saneamiento, reside en viviendas precarias, tiene muy bajos niveles educativos, ingresos mensuales inferiores al mínimo nacional y tienen muchos miembros en la vivienda.

Para poder determinar el nivel de pobreza de las comunidades, se tomó el promedio del valor de las familias encuestadas, según los resultados obtenidos de manera general se pudo identificar que un 6.1% de familias se encuentran en un nivel de pobreza alta, 85.6 % en pobreza media y finalmente 8.3% en pobreza baja. Sin embargo al realizar los resultados por comunidad, en general existe la tendencia hacia el nivel de pobreza Media tal como se puede observar en la tabla 4.5-39:

**Tabla 4.5-42 Nivel de Pobreza de las comunidades en estudio**

Comunidad	Nivel de Pobreza	Situación de Pobreza
Suriquiña	1,81	Pobreza Media
Igachi	1,98	Pobreza Media
Cullucachi	2,02	Pobreza Media
Huaricondo	2,12	Pobreza Media
Calasaya	2,07	Pobreza Media
Caluyo	2,25	Pobreza Media
Cutusuma	1,98	Pobreza Media
Chijipata Alta	2,32	Pobreza Media
Pari	1,98	Pobreza Media
Yaurichambi	2,00	Pobreza Media
Catacora	1,98	Pobreza Media
Karhuiza	2,01	Pobreza Media
Huancane	2,00	Pobreza Media
Batallas	2,16	Pobreza Media
Cuyahuani	1,73	Pobreza Media
Utavi	2,09	Pobreza Media
Isquillani	1,80	Pobreza Media
Tuquia	1,82	Pobreza Media

Comunidad	Nivel de Pobreza	Situación de Pobreza
Cruzani	1,86	Pobreza Media
Alto Peñas	1,77	Pobreza Media
Huancoyo	1,76	Pobreza Media
Challapata	1,95	Pobreza Media
Paxa-Peñas	1,90	Pobreza Media
Sojata	1,75	Pobreza Media
Antacollo	2,01	Pobreza Media
Machacamarcas Bajo	1,97	Pobreza Media
Viruyo	1,91	Pobreza Media
Jankocala	1,80	Pobreza Media
Aguas Claras	1,59	Pobreza Media
Condoriri	1,92	Pobreza Media
Litoral	1,83	Pobreza Media
Villa Andino	1,57	Pobreza Media
Hospital	1,80	Pobreza Media
Seguena	1,94	Pobreza Media
Pampacallo	1,88	Pobreza Media
Chaucha	2,32	Pobreza Media
Chipamaya	2,05	Pobreza Media
Caviña	2,25	Pobreza Media
Huancollo	2,02	Pobreza Media
Chiarpata	2,07	Pobreza Media

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta CPM, octubre 2013

Según los resultados por comunidades si bien el común denominador están en Pobreza Media, se puede evidenciar que algunas comunidades tiende a Pobreza Alta como ser Villa Andino y Sojata por el valor del Nivel de Pobreza, por otro lado existen otras comunidades que tienden a una Pobreza Baja como es el caso de Chijipata Alta y Chaucha.

#### 4.5.2.10 Características económicas de la población

Las comunidades del área presentan una estructura socioeconómica formada por tres micro-regiones (zonas) con diferentes características:

- ✓ Comunidades ubicadas en la zona alta o serranía
- ✓ Comunidades de la zona media o intermedia entre la serranía y el lago.
- ✓ Comunidades de la zona baja ubicadas en la planicie alrededor del lago Titicaca.

Esta división por zonas y municipio se la presenta en la tabla 4.5-40, para fines de interpretación de los resultados de la encuesta de realizada por CPM – Octubre 2013:

**Tabla 4.5-43 Zonificación de Comunidades por Municipio**

Municipio	Zonas	Comunidades
Batallas	Alta	Suriquiña, Catacora, Tuquia, Alto Peñas, Cruzani, Isquillani, Cruzani
	Media	Cullucachi, Chirapaca, Pariri, Yaurichambi, Karhuiza, Batallas, Huancuyo, Challapata, Pajcha Peñas
	Baja	Igachi, Huayrocondo, Calasaya, Caluyo, Chijipata Alta, Cutusuma, Huancane, Sojata

Municipio	Zonas	Comunidades
Pucarani	Alta	Aguas Claras, Condoriri, Litoral, Villa andino
	Media	Machacamarca, Viruyo, Jankocala, Hospital, Sequenca, Chaucha
	Baja	Chipamaya, Caviña, Pampacallo, Huanocollo, Chiarpata
Achacachi (Huarina)	Baja	Cuyahuani, Utavi y Antacollo

Fuente: Elaboración propia

En estas comunidades los ingresos provienen de la venta de los productos agropecuarios, el comercio y la fuerza de trabajo.

La estructura de ingresos con las que cuenta las comunidades, son diferentes en cada una de ellas, debido principalmente a:

En el primer grupo las comunidades que están ubicadas en la serranía y que cuentan con agua proveniente de río, sus ingresos fundamentalmente resultan de la venta de papa, haba, quinua y cebada. Esta producción es llevada a cabo en el tiempo preciso sin tener que esperar la época de lluvias.

En el segundo grupo las comunidades no cuentan con agua. Sus ingresos provienen de la venta de productos agrícolas entre ellas la papa producida a secano y con las lluvias de la temporada. En términos económicos son los más afectados y por esta razón un número significativo de los pobladores de esta región se dedican a vender su fuerza de trabajo en épocas cuando no existe la sobrecarga de trabajo en la producción agropecuaria.

El tercer grupo comunidades ubicadas en la planicie del altiplano próximas al lago caracterizadas por ser una zona ganadera, sus ingresos provienen de la venta de carne, leche y queso, en cuanto a la producción agrícola como ser papa, haba, una mínima parte está destinada a la venta y una mayor parte destinada al autoconsumo.

Desde el punto de vista económico, las comunidades sin agua son las más desaventajadas en relación con otras comunidades, ya que los ingresos que obtienen por la venta de sus productos es mayor en las comunidades con agua. La zona próxima al lago es la más ventajosa debido a que es una zona ganadera y agrícola.

### Actividad económica

De acuerdo al Censo 2001 se han caracterizado las siguientes actividades económicas:

**Tabla 4.5-44 Población de 10 años o más por actividad económica (porcentajes)**

Actividad Económica	Municipio		
	Achacachi (Huarina)	Pucarani	Batallas
<b>Población ocupada (Totales)</b>	<b>24,754</b>	<b>8,042</b>	<b>6,039</b>
Agricultura y ganadería	57.60	61.84	58.70
Pesca	2.17	0.83	0.00
Explotación de minas y canteras	2.59	2.51	0.15

Actividad Económica	Municipio		
	Achacachi (Huarina)	Pucarani	Batallas
Industria manufacturera	5.84	6.33	7.65
Electricidad, gas y agua	1.38	0.04	0.10
Construcción	3.58	2.84	4.09
Comercio al por mayor y menor	6.92	5.91	8.91
Hoteles y restaurantes	0.91	0.66	0.89
Transporte	2.17	1.91	2.17
Administración pública, defensa y seguridad social	1.83	0.61	1.04
Educación	8.02	2.21	2.82
Servicios sociales y de salud	0.37	0.39	0.60
Servicios a los hogares y servicio doméstico	1.74	0.88	1.59
Otros	4.87	13.04	11.29
TOTAL	100.00	100.00	100.00

Fuente.- Elaboración propia en base a datos del CNPV-2001

La principal actividad económica de las familias de la zona es la agropecuaria ya que representa más del 50% en los tres municipios. El comercio al por mayor y menor ocupa el segundo lugar aunque de lejos por encima del 5% en los tres casos. La ocupación en educación cobra mayor importancia en el municipio de Huarina con el 8.02%.

El censo 2012 todavía no ha arrojado esta información, sin embargo la categoría trabajador por cuenta propia alcanza al 64,59% en Pucarani y al 72,13% en Batallas, en ambos casos solo el 12% corresponde a obrero/empleador.

Del trabajo de campo realizado se tienen los siguientes resultados que confirman esta situación:

**Tabla 4.5-45 Principal actividad económica del jefe de familia, por municipio en porcentajes**

Principales actividades económicas	Municipio						
	Batallas			Pucarani			Huarina
	Zona						
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Baja
%	%	%	%	%	%	%	
Solo agricultura	13,0%	42,0%	23,2%	11,6%	5,8%	4,3%	
Solo ganadería				80,0%		20,0%	
Transporte		100,0%					
Agricultura y Ganadería	21,6%	26,3%	26,3%	9,9%	6,4%	6,4%	2,9%
Agricultura y Comercio	16,7%	31,6%	14,9%	13,2%	13,2%	8,8%	1,8%

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta CPM, octubre 2013

Las familias que se dedican a la actividad combinada entre la agricultura y ganadería están distribuidas en todas las comunidades del área, siendo la más frecuente en la zona

media del municipio de Batallas donde el 26,3% de las familias se encuentran ocupadas en este rubro.

Asimismo, la actividad agrícola combinada con el comercio ocupa el segundo lugar en importancia ya que también es practicada en todas las comunidades, siendo la más significativa en las comunidades de la zona Media de Batallas con el 31,6%. En el municipio de Pucarani este tipo de actividad inclusive supera a la actividad combinada entre la agricultura y ganadería.

La dedicación exclusiva a la agricultura representa el 42,05% de los jefes de familia en la zona Media del municipio de Batallas.

En tanto que las familias que solo se dedican a la ganadería se encuentran en las comunidades Alta y Baja del municipio de Pucarani donde el 80% está ubicado en la zona Alta. Todas las familias que trabajan en el rubro del transporte pertenecen a la zona Media de Batallas.

### Ingresos

Haciendo una indagación de los ingresos que perciben las familias de diferentes fuentes como sueldos, negocios, ayuda de familiares, alquileres, jubilaciones y bonos o rentas se pudo obtener los siguientes datos:

**Tabla 4.5-46 Ingresos familiares en bolivianos por municipio**

Ingreso	Municipio						
	Batallas			Pucarani			Huarina
	Zona						
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Baja
Ingreso mensual de la familia	1.010,48	1.374,55	1.862,79	1.272,07	1.563,90	1.148,00	1.773,29

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta CPM, octubre 2013

Se observa que en la zona Baja del municipio de Batallas se percibe el mayor ingreso que alcanza a 1.862,79 Bs en el mes. En tanto que el ingreso menor se registra en la zona Alta del mismo municipio. No obstante, los ingresos mensuales en general están por encima de los 1.000 bolivianos pero por debajo de los 2.000 bolivianos. Esta situación confirma el nivel de pobreza que según el Censo 2001 supera el 93% en los tres municipios.

En estas comunidades los ingresos son provenientes de la venta de los productos agropecuarios, el comercio y la fuerza de trabajo. La estructura de ingresos con las que cuenta las comunidades, es diferente en cada una de ellas, debido principalmente a que desde el punto de vista económico, las comunidades sin agua son las más desaventajadas en relación con otras comunidades, ya que los ingresos que obtienen por la venta de sus productos son mayores en las comunidades con agua.

## Agricultura

En el municipio la agricultura es una actividad de carácter intensivo: en la Zona Alta la agricultura es más de autoconsumo, a medida que se desciende la productividad se incrementa debido a una mejora de las características climáticas y por la utilización de sistemas de riego; de tal modo que en las comunidades de las Zonas Baja y Centro la producción es mayor y más diversa, destacando una fuerte presencia de alfalfares que se complementa con el carácter ganadero lechero que posee esta región.

Los cultivos predominantes de la zona son: papa, cebada, cebolla, haba, oca, sembrándose también productos menos importantes como la quinua, tarwi, papaliza, avena, trigo, cañahua, izaño y otros; pero que, complementan y aseguran la dieta alimentaria. Los rendimientos de estos cultivos son muy bajos, aunque están por encima de promedios observados en otras regiones altiplánicas. Una alta proporción de estos productos son autoconsumidos, lo que explica la poca importancia de la comercialización de estos productos para la economía.

**Tabla 4.5-47 Población por actividad agrícola (porcentajes)**

Cultivo	Municipio		
	Achacachi (Huarina)	Pucarani	Batallas
Maiz	5.59	0.68	0.46
Cebada grano	8.05	6.90	2.66
Oca	3.10	0	0.64
Papa	66.53	91.63	88.37
Haba	16.72	0.79	7.88

Fuente: Elaboración propia con datos del INE, a partir del CNPV-2001

El cultivo que tiene mayor representación es la papa con el 66.53% en el municipio de Achacachi (Huarina), con el 91.63% en el municipio de Pucarani y con el 88.37% en el municipio de Batallas.

Resalta de los datos del año 2001, que los cultivos de quinua, cebada forrajera y avena forrajera no estaban identificados, sin embargo a la fecha son ampliamente cultivados en la región. De igual forma no se identificó en dicho censo, la importancia de los pastos nativos como un insumo para la producción ganadera de la zona.

De acuerdo con los datos del Plan de Desarrollo Municipal de Batallas y de Huarina, el tamaño promedio del solar campesino en la actualidad es de 5,88 Has/fam., de los cuales se estima que 0,47 Has. se cultivan bajo riego y 1,25 Has. a secano lo que permite indicar que anualmente se cultiva en promedio 1,72 Has; estando en descanso 2,02 Has. y 2,13 Has. del total del solar son terrenos incultivables.

En la **Zona Alta** el tamaño de la propiedad familiar es en promedio 8,05 Has. Existiendo mayores superficies en los cantones de Chachacomani y Tuquí; sin embargo a pesar de contar con una mayor extensión los terrenos son poco productivos y en promedio 4,55 Has son tierras incultivables.

En la **Zona Centro** el promedio familiar es de 3,89 Has, mucho menor al de la zona Allta, pero comparativamente los pobladores poseen mayores extensiones bajo riego

Comparativamente la **Zona Baja** posee tierras más fértiles pero por la elevada densidad demográfica el tamaño del predio es menor (en promedio 3,55 Has/fam), de los cuales 0,42 Has son cultivadas con riego y 1,26 Has a secano. Sin embargo, en la actualidad en particular en las riberas del Lago Titicaca, el fenómeno del surcufundio es un problema que más preocupa a los pobladores. (IC-RIMAC SRL)

Los datos obtenidos en el trabajo de campo presentan los siguientes datos respecto a las superficies cultivadas:

**Tabla 4.5-48 Superficie por cultivo y por familia, según Municipio (medias en m2)**

Cultivo	Municipio						
	Batallas			Pucarani			Huarina
	Superficie por Zonas			Superficie por Zonas			Superficie por Zonas
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Baja
Papa	2.719,92	4.585,95	3.109,74	4.315,75	7.285,83	8.651,04	11.485,71
Cebolla	7.075,00	891,67	750,00	0	0	0	14.900,00
Haba	1.638,46	3.603,65	1.313,28	2.490,00	1.850,00	1.100,00	7.500,00
Quinoa	2.171,51	3.621,36	3.270,83	3.971,25	6.608,65	9.385,71	13.300,00
Cebada	2.970,45	3.168,37	4.926,74	3.775,94	4.023,86	8.218,18	9.533,33
Avena	2.277,94	4.465,00	5.172,79	5.215,00	15.688,89	8.000,00	8.750,00

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta CPM, octubre 2013

La superficie de mayor importancia es destinada a la papa, el municipio de Huarina tiene mayor vocación papera donde en las comunidades participantes en el proyecto, ubicadas en la zona Baja, la superficie media alcanza a 11.485 m2. Asimismo, las comunidades ubicadas en la zona Baja del municipio de Pucarani se registra una media de 8.651 m2. En cambio, en el municipio de Batallas la zona Media adquiere mayor importancia con una media 4.585 m2.

El terreno que fue utilizado para la siembra de la papa, es luego utilizado en el cultivo de la quinua, la cebada o en su caso la avena, razón por la que la superficie de siembra es menor al de la papa, no obstante que en la zona Baja de Pucarani y Huarina la superficie de la quinua es inclusive superior al de la papa observándose una media de 9.385 m2/fam y 13.300m2/fam respectivamente.

En la Zona Alta del municipio de Batallas el cultivo de cebolla es muy importante, su distribución al mercado les genera ingresos económicos. En tanto que en el municipio de Pucarani este cultivo está ausente. En la Zona Centro y Zona Baja por su característica ganadera existen superficies significativas de cultivos de cebada y avena forrajera en comparación a la Zona Alta.

### Rendimiento

Los rendimientos de los cultivos son bajos y una significativa proporción de los productos producidos son auto-consumidos, lo que explica la poca importancia de la comercialización de estos productos para la economía de las comunidades.

El cuadro siguiente expresa la producción en cargas producida por familia en promedio en la superficie indicada en el cuadro anterior, esta medida proviene de la época colonial y equivale aproximadamente a 5 arrobas (cada arroba equivale a 11,5 kilogramos), que es lo que puede cargar una mula normalmente.

**Tabla 4.5-49 Rendimientos por cultivo según Municipios**

Cultivo	Municipio						
	Batallas			Pucarani			Huarina
	Zonificación de comunidades			Zonificación de comunidades			Zonificación de comunidades
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Baja
Papa (cargas)	29,83	35,45	30,35	50,98	41,13	42,79	26,43
Cebolla(cargas)	23,75	2,10	1,00	0	0	0	0
Haba(arroba)	6,77	10,98	4,13	3,50	2,80	1,00	20,00
Quinua(qq)	3,02	3,21	3,90	2,73	9,92	3,95	1,25
Cebada forrajera(carga)	10,06	18,22	31,58	18,09	39,09	38,86	21,67
Avena forrajera(carga)	11,28	28,57	44,53	17,63	45,75	78,40	65,00

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta CPM, octubre 2013

En las comunidades de las tres zonas predomina la producción de papa, sin embargo, las comunidades del Municipio de Pucarani presentan mayores volúmenes de producción con una media de 50,98 cargas en la zona Alta, 41,13 cargas en la zona Media y 42,79 cargas en la zona Baja. Este cultivo concentra un mayor esfuerzo productivo y ocupa la mayor superficie; al mismo tiempo se lo considera como el cultivo más rentable y que proporcionaría ingresos monetarios cuando parte de sus excedentes fueran vendidos. El excedente en esta región se presenta en una proporción mínima.

La producción de cebolla se limita a las comunidades del municipio de Batallas ya que este cultivo requiere de mayor cantidad de agua para riego, por ello la zona Alta es la mayor productora de este cultivo con una media de 23,75 cargas por familia.

La producción de cebada y avena forrajeras presenta importantes cantidades en las comunidades de la zona Baja de los tres municipios. Estos productos se constituyen en el alimento principal del ganado, especialmente de las vacas y ovejas en la época seca. El rendimiento de la Avena es de 44,53 cargas en las comunidades de la zona Baja en el municipio de Batallas, 78,40 cargas en la zona Baja del municipio de Pucarani y 65 cargas en el municipio de Huarina.

Los rendimientos agrícolas de las comunidades próximas al lago son bajos, lo que se puede atribuir a la falta de agua y a las condiciones climáticas adversas, con heladas muy frecuentes, sequías de periodicidad anual y las granizadas periódicas.

El rendimiento de los cultivos también depende de las características de las variedades y las condiciones agroecológicas de la zona donde se cultivan, es decir en general hay mayor rendimiento en los cultivos que cuentan con agua a diferencia de los terrenos donde la producción es a secano.

En cuanto a los factores que inciden en un bajo rendimiento, aunque las comunidades conocen técnicas de mantenimiento de suelos y de protección frente a los fenómenos

climáticos, hay que considerar los niveles tecnológicos de producción bajos, especialmente en el área circunlacustre, con escasa utilización de maquinaria, fertilizantes, pesticidas y semillas mejoradas, además de una deficiente administración.

Esta situación está relacionada con el bajo nivel cultural, la falta o insuficiencia de servicios y de asistencia técnica, la inadecuada comercialización de la producción y la lejanía de los mercados potenciales y finalmente la tierra está fragmentada en pequeñas parcelas o minifundios, especialmente en el área próxima al Lago Titicaca.

Haciendo un ejercicio de rendimientos de papa por hectárea en la zona Alta de Batallas (la menos significativa) se tiene que la producción promedio alcanza a 136 qq/Ha. en tanto que para el Departamento de La Paz la media de rendimiento alcanza a 152 qq/Ha, lo que indica que existe una diferencia de 16 qq en contra del municipio de Batallas. En cambio analizando la producción más alta de papa ocurrida en la zona alta del municipio de Pucarani, el promedio alcanza a 147 qq/Ha. Igualmente baja en relación a la producción departamental.

### **Sistema de manejo de tierras agrícolas comunales e individuales**

Cada una de las familias beneficiadas con el componente riego, disponen de parcelas individuales y/o parcelas en las aynoqas (comunales) existentes en las diferentes comunidades.

El sistema de aynoqas: en la región comprende la rotación de cultivos para el manejo sostenible de las tierras de cultivo.

En la Zona Alta el primer año se cultiva la papa (en algunos casos asociado con oca), luego quinua y finalmente en el tercer año cebada, a partir del cual el terreno entra en descanso por un periodo entre cuatro a seis años.

En la Zona Centro y Baja el ciclo productivo, utiliza cultivos con una mayor diversidad de variedades, el primer año se inicia con cultivos de papa, luego haba, arveja o quinua y el tercer año Avena o Cebada, por la reducida extensión de terrenos en este sector el descanso de los suelos es más corto con un promedio de tres años; existiendo además cultivos perennes de Alfalfa en los cantones de Batallas y Calasaya. En los lapsos de descanso se convierten en áreas de pastoreo comunal.

En la Asociación de riego Tupac Katari, el 50% de las comunidades tiene el manejo por aynoqas, donde las más representativas son Isquyllani y Alto Peñas. En la Asociación Palcoco el 80% de las comunidades tienen aynoqas, las principales son Palcoco y Hospital. En Khara Khota Suriquiña el 90% de las comunidades se maneja mediante aynoqas siendo las principales Suriquiña, Karwisa, Pariri y Chirapaca. En Taypichaca Sur existen las aynoqas de Yaurichambi y Catacora.

Sayañas: Se refiere a sitios de cultivo con un manejo individual, generalmente el primer año se siembra papa, el segundo año haba y, por último, cebada o avena.

## Ganadería

La tenencia de ganado en el ámbito familiar depende de varios factores: superficie de terreno, tipo de pasto y/o cultivo, herencia y recursos económicos, estos factores incidirán a que la familia cuente con mayor o menor tipo y número de ganado.

Revisando los datos del INE arrojados por el Censo 2001 se han encontrado los siguientes datos:

**Tabla 4.5-50 Población por actividad pecuaria y pesca (porcentajes)**

GANADO Y PESCA	MUNICIPIO		
	ACHACACHI (HUARINA)	PUCARANI	BATALLAS
Bovino para leche	19.41	39.42	27.10
Bovino	29.70	33.36	31.62
Ovino	36.83	24.98	37.38
Camélido	1.05	1.78	3.89
Pesca	13.01	0.46	0

Fuente: Elaboración propia con datos del INE, a partir del CNPV-2001

La actividad ganadera en el área del proyecto es significativamente importante en la cría de ganado bovino y ovino. En la zona de Pucarani, el 39.42% de las familias se dedica a la cría de bovino para leche por lo que tienen importantes cultivos de alfalfa y obtienen ingresos significativos por la venta de leche.

Con los datos de la encuesta de campo se presenta la situación actual de la ganadería en los tres municipios:

**Tabla 4.5-51 Número de ganado por especie y por familia y según Municipio (medias)**

Especie	Municipio						
	Batallas			Pucarani			Huarina
	Zonificación de comunidades			Zonificación de comunidades			Zonificación de comunidades
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Baja
Vacuno	5,37	6,69	7,66	4,60	4,97	9,48	12,14
Ovino	21,43	7,68	9,23	56,19	11,41	13,29	15,60
Camélido	16,10	0	0	34,35	0	0	0
Porcino	3,13	3,64	3,59	2,80	3,67	3,93	2,00

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta CPM octubre 2013

En la zona Alta, predomina el ganado ovino y camélido, la media de ganado ovino por familia es de 21,43 cabezas en el municipio de Batallas y 56,19 en Pucarani, considerando que algunas familias tienen hasta 300 cabezas. En la parte más alta predomina el ganado camélido debido a que cada familia cuenta con extensiones grandes de pastizal, la media de camélidos por familia es de 16 cabezas en Batallas y 34 cabezas en Pucarani con un máximo de 25 y un mínimo de 2 cabezas por familia, según lo reportado en las encuestas de campo.

Las comunidades de la zona Baja se destacan por el ganado vacuno criollo y semi mejorado (Holstein y Pardo Suizo), la media con que cuenta cada familia es de 7 cabezas, en el municipio de Batallas, 9 cabezas en el municipio de Pucarani y 12 cabezas en el municipio de Huarina, algunas familias cuentan con 15 y y lo más frecuente son 5 cabezas, lo que caracteriza a la zona es la producción de leche, comercializando a las empresas de PIL ANDINA y DELIZIA. Cabe mencionar que algunas familias se dedican a la cría de este ganado para engorde.

La presencia de ganado porcino no es muy significativa en las diferentes zonas con una media de 3 cabezas, un máximo de 24 cabezas y un mínimo de 1 cabeza por familia.

#### 4.5.2.11 Migración

Uno de los problemas característicos de este siglo, sobre todo de las sociedades latinoamericanas y en particular de Bolivia, son los procesos migratorios. Bolivia acusa de manera particular procesos migratorios internos del campo a la ciudad desde el año 1952 y a partir de la primera década del siglo XXI una alta incidencia de migración transnacional.

De acuerdo con los datos del Plan de Desarrollo Municipal de Batallas y de Huarina contrastando con las consultas realizadas en las comunidades, se verifica que existe un movimiento migratorio de familias completas tanto de salida como de entrada en distintas comunidades de ambos municipios, en forma temporal y definitiva. (IC RIMAC SRL)

**La migración temporal**, depende de la época de siembra y cosecha cuando una vez completados sus trabajos agrícolas especialmente los varones disponen de tiempo para emigrar en busca de otros ingresos. La falta de agua también es una de las causas principales para este tipo de emigración. Esta migración temporal se da internamente entre las comunidades de la zona alta y la zona baja; hacia la ciudad de La Paz y El Alto y la región de los Yungas como indica el siguiente cuadro.

**Tabla 4.5-52 Principales destinos de los emigrantes**

DESTINO	PORCENTAJE
Ciudad de La Paz	30
Ciudad de El Alto	35
Los Yungas	10
Otros departamentos	25
Total	100%

Fuente: PDM de Batallas con base en Diagnóstico Municipal 2005

El destino del 35% de la población emigrante es la ciudad de El Alto, seguido por la ciudad de La Paz con el 30%. Entre los otros lugares de destino sobresalen las ciudades de Cochabamba y Santa Cruz.

Los oficios a que se dedican especialmente los varones en los lugares a los que llegan son variados como se puede ver en el siguiente cuadro:

**Tabla 4.5-53 Principales oficios de los emigrantes**

OFICIO	PORCENTAJE
Albañil	10.5
Comerciante	8.5
Chofer	13.0
Ayudante (albañil, voceador, mecánico, cocina)	38.0
Estudiante	7.0
Otro	23.0
Total	100%

Fuente: PDM de Batallas con base en Diagnóstico Municipal 2005

Se destaca que el 38.0% de los varones emigrantes inician su actividad económica en las ciudades como ayudantes de albañil, como voceadores de minibús, ayudantes de mecánico y como ayudantes de cocina. También es notable la ocupación como chóferes en un 13%.

En el caso de las mujeres, el 60% se ocupa en trabajos del quehacer doméstico (empleada doméstica, ayudante de cocina, niñeras, etc) o vendedoras y en menor grado continúan sus estudios superiores.

**La migración definitiva**, está marcada por los desastres de los fenómenos naturales como las sequías y heladas que interrumpen los procesos de cultivo ocasionando pérdidas económicas que provocan que muchas familias vendan o transfieran sus parcelas, se muden a la ciudad de La Paz, o busquen tierras para subsistir en otras zonas.

Según el INE – 2001, la tasa neta de migración del municipio de Batallas es de –15,2 por mil, esta población emigrante se asentó principalmente en la ciudad de la Paz y El Alto por su cercanía geográfica al municipio, destaca también los Yungas en los cuales han adquirido lotes para dedicarse a la agricultura.

Entre otros el 35%, emigra principalmente a los departamentos de Cochabamba y Santa Cruz a nivel nacional, mientras tanto los emigrantes al exterior (Buenos Aires-Argentina, Brasil, etc.), se dedican principalmente a la actividad de la costura en estos países. (Fuente: PDM de Batallas).

#### 4.5.2.12 Análisis de género en el área de intervención

El “Informe de análisis de género y población vulnerable en las comunidades potencialmente afectadas por el proyecto teniendo en cuenta los factores delineados en las políticas de salvaguardias del BID” elaborado por el MMAyA<sup>(10)</sup>, sostiene que la mujer es quien tiene la mayor carga de trabajo en el área de intervención del proyecto, la jornada comienza en la madrugada y sus labores se relacionan a la reproducción social del grupo familiar y a las condiciones de subsistencia, adicionalmente participan en la producción agropecuaria, lo cual implica una doble jornada. El hombre realiza labores relacionadas a la producción y de representación. Esta división del trabajo trae consecuencias económicas y sociales desfavorables a las mujeres.

<sup>10</sup> Informe de análisis de género y población vulnerable en las comunidades potencialmente afectadas por el proyecto teniendo en cuenta los factores delineados en las políticas de salvaguardias del BID.MMAyA. Tapia Layme, Alvaro. 2013

En relación al acceso a la tierra, las mujeres fueron ignoradas en todo el proceso histórico de distribución de tierras. En la práctica, la mujer es dependiente del padre o del marido, no tiene derecho a la tierra por sí misma, a pesar de que la normativa las ampara. En algunas comunidades del área las mujeres carecen de derechos propietarios sobre la tierra, lo cual limita su participación.

Por otro lado, otro factor de exclusión es el cumplimiento de las responsabilidades familiares puesto que son las mujeres quienes cuidan de los niños/as, ancianos y/o enfermas, debido a que se trata de una tarea asignada a su rol social tradicional de género. La situación es distinta con los hombres que no tienen responsabilidades adicionales y se enfocan exclusivamente a su rol, asistir y participar en las reuniones.

Esta situación mantiene ocupada a la mujer, lo cual provoca que las mujeres del área del proyecto sean excluidas de participar en igualdad de condiciones en determinados ámbitos, pues no tienen tiempo para otras actividades.

En la producción, según el mencionado informe, la distribución de las diferentes actividades es definida por el jefe de familia, que viene a ser en este caso el hombre, razón por la cual la participación en la actividad agrícola – pecuaria es de todos los miembros de la familia, durante el periodo de estiaje, en las familias donde se presenta la ausencia del jefe de familia, la mujer queda temporalmente al mando de la realización de las diferentes actividades pecuarias, con la colaboración de los hijos.

Ante la ausencia del jefe de familia, la mujer es responsable del grupo familiar en lo que respecta al ámbito doméstico y productivo, lo que le permite también asumir la representación en reuniones o asambleas comunales. La permanencia en la comunidad es un factor favorable para la mujer que es tomada en cuenta para la toma de decisiones a falta del jefe de hogar.

A nivel político, las mujeres van consolidando la Organización de Mujeres “Bartolina Sisa”, están presentes en todas las reuniones, asambleas y ampliados participando activamente en la toma de decisiones. Su opinión es escuchada y tomada en cuenta especialmente en lo que se refiere a los recursos naturales.

Su estructura organizativa es similar a la de las Centrales Agrarias, comienzan en las comunidades, continúan en las Subcentrales y conforman las Centrales Agrarias para concluir en la Confederación de Mujeres Campesinas Indígenas Originarias “Bartolina Sisa” de Bolivia. Esta organización tiene 33 años de vida en Bolivia, con algunos altibajos, pero con el apoyo de las políticas sociales actuales ha ido reorganizándose y fortaleciéndose logrando el reconocimiento de la sociedad y especialmente de las comunidades, forma parte de la Confederación Unica de Trabajadores Campesinos de Bolivia. Su misión es alcanzar una participación equitativa de la mujer en los espacios: político, social y económico, en el marco del chacha warmi, como concepto equitativo de género. Se han ganado el denominativo de “Bartolinas”.

Según el informe del MMAyA, esta organización indígena de mujeres ha logrado, poco a poco, participar en la “red social” en condiciones de igualdad. En el actual gobierno, las dirigentes de esta Organización tienen mucha influencia y poder, tanta es esta influencia que hace más de 5 años “manejan” el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT) a través de la ex ejecutiva de las “bartolinas” la Sra. Nemesia Achacollo, actual Ministra.

Esta condición de ser parte del gobierno es positiva desde el punto de vista de participación efectiva de la mujer en niveles de poder y decisión, pero también es negativa ya que en las comunidades y en el área urbana esta organización es identificada como “extremadamente afín” con el gobierno y en muchos casos en conflictos que ha tenido el gobierno con otros sectores sociales las “bartolinas” siempre han salido en defensa del gobierno a través de movilizaciones, marchas en las ciudades, declaraciones de apoyo, etc.

Esta característica “oficialista” de esta organización también tiene sus repercusiones en la comunidad ya que políticamente las mujeres que no pertenecen a esta organización son “dejadas de lado”, son ignoradas existiendo, prácticamente, un “monopolio” de las Bartolinas en la representación femenina de las mujeres indígenas del altiplano de La Paz.

A nivel legislativo y ejecutivo se tiene presencia de las mujeres, asumiendo responsabilidades de importancia para el desarrollo de los municipios y de la región.

Los hombres intervienen en la actividad productiva, una vez concluida la cosecha, algunos suelen migrar temporalmente hacia la ciudad o poblaciones cercanas en busca de trabajo para generar ingresos económicos adicionales para el sustento de sus familias. También participan en el manejo de animales mayores (camélidos y bovinos), que consiste en la selección de machaje, curaciones, señalización, esquila, castración y faenado, así como la comercialización de estos animales.

Las mujeres trabajan artesanalmente en la confección de camas, prendas de vestir con fibra de camélidos y colchones de paja con la participación de todos los miembros de la familia, situación que genera más ingresos económicos para la familia.

El informe indica que las mujeres son encargadas del cuidado de los niños, aseo, preparación de alimentos, cuidado de animales menores (gallinas, ovejas) con la colaboración de los hijos, en cambio el hombre su actividad principal está concentrada en la actividad agrícola que consiste la preparación de terreno, siembra, labores culturales y cuidado de animales mayores bovinos.

En relación a la gestión del agua, las mujeres participan en las actividades de limpieza de acequias, represas y otras, pero la apertura de compuertas y las actividades de distribución del agua se suele responsabilizar a los hombres y a las mujeres en el riego de las parcelas, que requiere más cuidado y fineza como parte de sus habilidades finas. Al igual el control tecnológico es más centrado hacia a los hombres que a las mujeres, por ello existe desigualdad en los niveles educativos donde el analfabetismo es mayor en las mujeres que en los hombres.

Sin embargo, continúa el informe, por esta distribución de diferentes responsabilidades se asocia a los hombres con las mayores oportunidades que tienen en la distribución de alimentos, en la dirección de las comunidades y en las organizaciones de regantes, produciéndose cierta inequidad. Debemos también aclarar que esta inequidad también se relativiza en las zonas de mayor migración eventual cuando las mujeres asumen todos los roles y esto le resta importancia a los hombres en la comunidad, empoderándose las mujeres de la cultura del agua ancestral, tal como sucede con mucha frecuencia en las comunidades del Altiplano Norte de La Paz.

Las comunidades ubicadas dentro la cuenca de aporte, creen tener todos los derechos de uso y aprovechamiento, por esta razón no quieren compartir las aguas con las comunidades ubicadas aguas abajo, lo cual genera malestar entre ellas.

La operación de la represa (apertura y cierre de válvula) es exclusiva responsabilidad del hombre, la distribución en las parcelas la realiza el hombre, la mujer e incluso participan los hijos. Los niñ@s apoyan con acarreo de agua para la elaboración de alimentos, lavado de ropa, en ocasiones participan en la distribución parcelaria.

La relación de la mujer con el agua está dada en el ámbito doméstico, no se visibiliza su importancia en su relación con el agua en el ámbito productivo, público, puesto que las decisiones a estos niveles son tomados por los hombres, existe inequidad al momento de la distribución de beneficios que reciben las mujeres en la gestión del riego respecto de los hombres.

Así, el informe concluye que “la visión andina del agua de los hombres se relaciona con la gestión de los recursos naturales y las decisiones en los órganos correspondientes y la visión en las mujeres en el reparto equitativo y en la máxima sapiencia en que el agua llegue en forma uniforme en toda la parcela”.

#### **4.5.2.13 Situación de vulnerabilidad<sup>11</sup> en el área del proyecto**

Según el citado Informe, las situaciones propuestas están relacionadas a la condición real de vulnerabilidad de las mujeres del área del proyecto. Los casos identificados son:

- ✓ Mujeres jefas de familia monoparentales
- ✓ Mujeres de la tercera edad
- ✓ Mujeres con acceso inequitativo a recursos y oportunidades

El grupo de las familias monoparentales es el que más probabilidades tiene de caer en la pobreza y sufrir procesos de exclusión social. La pobreza prolongada amenaza seriamente la autonomía familiar para gestionar su trayectoria vital, esto es, sus recursos materiales, financieros y sociales.

En el caso de mujeres de la tercera edad, corresponde afirmar que son las que conservan la lengua nativa y permanecen monolingües, además son las enviadas a representar a sus familias en reuniones y se quedan al cuidado de los niños/as. No es extraño encontrar comunidades donde solo se observan personas de la tercera edad y niños, puesto que los jóvenes y adultos se ausentan por diferentes razones.

Las mujeres (especialmente las jóvenes) se desplazan a los centros urbanos a vender su fuerza de trabajo como “empleadas del hogar” y al comercio informal. En este contexto la relación entre la falta de acceso al mercado de trabajo y los procesos de exclusión social incide en un mayor grupo de mujeres desempleadas, subempleadas o en empleos precarios. El fenómeno de la exclusión social está estrechamente relacionado con el mercado laboral. Los problemas y dificultades de acceso al empleo en condiciones laborales decentes configuran uno de los factores más importantes desencadenantes de

---

<sup>11</sup> El concepto de vulnerabilidad se aplica a aquellos sectores o grupos de la población que por su condición de edad, sexo, estado civil y origen étnico se encuentran en condición de riesgo que les impide incorporarse al desarrollo y acceder a mejores condiciones de bienestar.

procesos de exclusión. En estos casos, el trabajo no actúa como fuente principal que asegura los recursos económicos, la utilidad social y la identidad personal.

### **Grupos vulnerables:**

#### **Niños y niñas indígenas**

Este grupo es considerado como grupo vulnerable debido a sus condiciones de dependencia y pobreza. Según el informe del MMAyA, los niños/as participan en la actividad productiva, con el cuidado o pastoreo de animales (llamas, ovejas y bovinos), acarreo de agua para consumo, los niños varones suelen ayudar al jefe de familia en la siembra, labores culturales y cosecha, en cambio las niñas ayudan a la madre en la preparación de alimentos y lavado de ropa.

Los varones mayores a 15 años, durante las vacaciones salen de sus comunidades hacia la ciudad en busca de trabajo, para satisfacer su necesidad de acceso a mejores vestimentas y a la moda, etc., por esta razón se emplean en trabajos de albañilería, voceadores, vendedores, etc., y retornan a sus comunidades cuando se inician las clases.

Otro tema a considerar es la educación que enfrenta problemas complejos debido a las condiciones de pobreza y marginalidad, esto repercute en los procesos de enseñanza-aprendizaje en los niños/as.

Las familias en el área rural están organizadas como todo un cuerpo estructural con funciones y deberes específicos para cada integrante. Los niños especialmente son incorporados a la actividad familiar a temprana edad (desde los 4 años).

De 8 años en adelante es pastor y de 10 es ayudante del papá y la mamá según corresponda, de acuerdo a horario de las actividades agrícolas- ganaderas, existe mayor carga de trabajo en las mañanas de 6 :00 hasta 10 :00 A.M. en el transcurso de este tiempo el niño/a debe dar de comer a los animales (cerdos, ovejas, gallinas, etc.) algunos días llevar el desayuno a su papá que está trabajando desde muy temprano en la chacra, puede ordeñar a las vacas, y realizar otros mandados.

Junto a la problemática de la educación y de la carga laboral excesiva de los niños/as está la seguridad alimentaria que está muy ligada a la producción agrícola y pecuaria y esta a su vez a la disponibilidad del recurso hídrico en las comunidades. Existe desnutrición en los niños/as aymaras producto de su tipo de alimentación, que en el altiplano se caracteriza por el consumo de carbohidratos como la papa, chuño, tunta<sup>14</sup>, algo de queso, carne y huevo siempre con arroz o fideo como se puede evidenciarse casi no existe el consumo de verduras, hortalizas y cereales provocando desbalances alimentarios que van en detrimento de la salud de adultos y especialmente de niños/as, cereales andinos como la quinua, cañahua, amaranto no son consumidos regularmente y en todo caso se los produce para comercializarlos.

#### **Personas adultas mayores**

La situación anteriormente descrita de las mujeres de la tercera de edad se repite en el caso de los hombres, es decir existe una población importante de ancianos que se quedan en el área rural como habitantes definitivos, la mayoría tiene un fuerte apego a su primera lengua (aymara) y otros también son monolingües, los hombres que están

comprendidos entre 60 y 75 años continúan con sus actividades agrícolas, pecuarias y de organización comunitaria normalmente y se los considera como cualquier habitante. A partir de los 75 años producto de la edad y el cansancio físico y mental los hombres disminuyen la intensidad y variedad de actividades, pero nunca están sin “hacer nada”, lamentablemente en toda el área rural de La Paz y Bolivia no existen políticas para la tercera edad y las personas que pertenecen a este segmento de la sociedad se ven excluidas, marginadas de políticas, proyectos que los incluya en actividades sociales y económicas.

El Estudio de Ecosistemas realizado por el Herbario Nacional ha podido recoger inquietudes y expectativas de esta población en la comunidad de Suriquiña los ancianos/as propusieron la realización de un proyecto de floricultura, ya que esta actividad no amerita mucho esfuerzo y genera ingresos económicos, este tipo de propuestas deben ser tomadas en cuenta para poder incluir a este importante segmento.

### **Personas con discapacidad**

Según el Informe mencionado, se ha encontrado personas jóvenes y mayores con discapacidad moderada (pequeños problemas con la vista, problemas con los miembros inferiores y superiores, etc.).

#### **4.5.2.14 Transporte y comunicación**

El acceso vial a la población del área como lugares intermedio de paso a las diferentes provincias nacionales e internacionales, está dada por la carretera Panamericana asfaltada, cuya longitud es de 148 Km, la cual conecta las capitales de Municipios con la Ciudad de La Paz. El transporte público utilizado son flotas, buses, microbuses y taxis, los cuales utilizan este tramo de paso a diferentes destinos al norte del departamento de La Paz, prestan sus servicios desde las ciudades de El Alto y La Paz hacia los distintos cantones y con una frecuencia promedio de 45 minutos a una hora.

Por otro lado, en esta región se cuenta además con el servicio de minibuses de otros municipios como los que se dirigen a la ciudad de Achacachi o los que van a San Pedro de Tiquina que recorren la carretera Panamericana, facilitando el transporte de pasajeros y carga de las comunidades del Municipio asentadas a lo largo de la carretera.

Sin embargo, las comunidades mas alejadas ubicadas en la cordillera presentan dificultades para desplazarse por la falta de transporte y las distancias que los separan de las rutas principales.

En la zona, producto la instalación de antenas repetidoras de televisión, telefonía e internet, se han instalado los proveedores de estos servicios, en los poblados de Batallas y Huarina se cuentan con cabinas de ENTEL, TIGO y VIVA que prestan servicios de telefonía móvil de forma permanente, también servicios de telefonía fija de COTEL y servicios de fax, fotocopias e internet.

En las capitales de cantón y algunas comunidades es posible hallar prestatarios de estos servicios con facilidad; finalmente es necesario indicar que producto del boom de las telecomunicaciones la mayoría de pobladores poseen teléfonos celulares que les facilita la comunicación en sus labores cotidianas.

Con respecto a los medios de comunicación la zona cuenta con tres radio emisoras locales de corto alcance: la primera tiene el nombre de “La cumbre FM 104.3”, ubicada en la localidad de Batallas y la segunda “Armonía FM 107.3” localizado en Peñas y la tercera radio “Estelar FM 110.4”, estas emisoras funcionan diariamente solo por las noches, su cobertura es amplia prestando servicios de difusión de citas y cubriendo además noticias locales de las comunidades. En el Municipio destacan también las emisiones de las radios San Gabriel, Fides, Patria Nueva y Panamericana de la ciudad de La Paz y “Radio Chaca de Pucarani” que son las emisoras con mayor audiencia en la población. Por otro lado las señales de televisión de los canales paceños son fáciles de captar ATB, TVB, RED UNO así mismo en muchas comunidades acceden a canales Peruanos. (IC RIMAC).

#### 4.5.2.15 Turismo

Existe una elevada potencialidad turística principalmente en la Zona Alta destacando las comunidades de Alto Peñas donde existe un flujo aunque mínimo de turistas nacionales y extranjeros que llegan a los nevados y lagos.

La comunidad Peñas ubicada en las faldas del cerro Monte Calvario recibe constantemente delegaciones de colegios, miembros de organizaciones cristianas, etc. que visitan el río, las peñas, la plaza histórica donde el líder aymara Tupaj Katari fue sacrificado y los alrededores del pueblo, su declaración como Monumento Nacional también le permite promocionarla como atractivo turístico.

En la Zona Baja el turismo se restringe al flujo de visitantes (sobretudo residentes) a la fiesta patronal de Batallas y carnavales al que acuden residentes y comunidades; este flujo de visitantes (residentes) se presenta en la generalidad de las comunidades que poseen fiestas patronales actividades que generan un movimiento económico temporal y donde el de mayor relevancia es la fiesta patronal de Batallas.

En las fiestas patronales el flujo de visitantes presenta una mayor proporción de residentes de la misma comunidad radicados en otras ciudades; en cambio en Peñas y en la cordillera no solo acuden residentes sino turistas locales como extranjeros (principalmente en la cordillera), por ser esta actividad incipiente no se posee cuantificado el flujo de turistas a la región.

#### 4.5.2.16 Formas de organización

Las formas de organización de las comunidades del municipio se constituyen en formales y funcionales. Entre las organizaciones formales está el Sindicato Agrario, Subcentral y Central Agraria y el Ejecutivo Provincial, que tienen objetivos de reivindicación especialmente.

Las organizaciones funcionales son aquellas que tiene un objetivo común como el caso de las Asociaciones de Regantes para el manejo del agua, Asociación Provincial de Regantes y Sistemas Comunitarios de Agua Potable de la Provincia los Andes (APRESSCAPPLA), Comités de Agua Potable, Asociación de pesqueros y otras.

## Organización sindical

Las comunidades están organizadas en Sindicatos Agrarios cuya máxima autoridad es el Secretario General, acompañado por un Directorio. La agrupación de varios sindicatos por afinidad y continuidad territorial conforma la Sub Central y la agrupación de éstas genera la Central Agraria. Representantes de las Centrales Agrarias de un municipio conforman el Comité Ejecutivo Provincial.

En el área del proyecto se han identificado tres Centrales Agrarias involucradas en el Proyecto (Viruyo, Suriquiña y Huancuyo) que agrupa a nueve Sub Centrales (Viruyo, Palcoco, Machacamarca, San Calixto, Suriquiña, Jichurasi, Isquillani, Huancuyo y Kerani) y 46 comunidades. Dicha organización es la máxima instancia de representación y tiene alto grado de empoderamiento en la toma de decisiones. Sin embargo, su poder radica en la consulta que hacen a las bases antes de tomar cualquier medida, por mínima que sea, puesto que corren el riesgo de ser expulsados de las comunidades si actúan arbitrariamente.

La elección de los dirigentes se realiza conociendo la trayectoria que tuvieron en sus comunidades, su comportamiento y su compromiso de velar por los intereses de la población.

Por su parte, las mujeres van consolidando la Organización de Mujeres Central Agraria “Bartolina Sisa”, están presentes en todas las reuniones, asambleas y ampliados participando activamente en la toma de decisiones. Su estructura organizativa es similar a la de las Centrales Agrarias, comienzan en las comunidades, continúan en las Subcentrales y conforman las Centrales Agrarias para concluir en la Confederación de Mujeres Campesinas Indígenas Originarias “Bartolina Sisa” de Bolivia. Esta organización tiene 33 años de vida en Bolivia, con algunos altibajos, pero con el apoyo de las políticas sociales actuales ha ido reorganizándose y fortaleciéndose logrando el reconocimiento de la sociedad y especialmente de las comunidades, forma parte de la Confederación Unica de Trabajadores Campesinos de Bolivia. Su misión es alcanzar una participación equitativa de la mujer en los espacios: político, social y económico, en el marco del chacha warmi, como concepto equitativo de género.

A través de ONGs han conseguido financiamientos para emprendimientos productivos como la implementación de talleres artesanales, capacitación y formación de líderes.

Asimismo, se ha identificado la presencia de la Organización de Mujeres Aymaras de Kollasuyo OMAK que ha ejecutado el taller para el tratamiento integral a casos de violencia basada en género orientado a funcionarios del sector salud, representantes de la Defensoría de la Niñez y Adolescencia, representantes de la policía, representantes del Gobierno Municipal de Pucarani y Autoridades Indígenas, Originario, Campesinas con el apoyo la Fundación Construir. Esta organización ha sido creada en 1983, su especialidad es la de brindar información sobre temas de la realidad nacional que son priorizadas por las señoras que componen los centros, brindar capacitación, sobre Derechos Humanos, liderazgo, aspectos organizativos y productivos y finalmente brindar apoyo en la formulación, gestión e implementación de proyectos sociales y/o productivos. ([http://cpc.ceresbolivia.org/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=101&Itemid=195](http://cpc.ceresbolivia.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=101&Itemid=195))

## Organización Originaria

Las organizaciones originarias Jilakatas, Mallkus, etc., en su época fueron una organización solida pero poco a poco han sido absorbidos, una que otra organización originaria todavía se encuentra vigente en las comunidades de Chuñavi, Churiaqui, etc., de la jurisdicción del municipio de Pucarani, los cuales se encuentran en disputa de poder con la Central Agraria ya que ocasionan dualidad de funciones.

## Organizaciones relacionadas al manejo del agua

- **Asociaciones de Regantes**

Dentro del área de intervención existen cuatro asociaciones de regantes:

- ✓ Asociación de riego y Servicios Khara Khota - Tupac Katari
- ✓ Asociación de riego y Servicios Khara Khota – Suriquiña
- ✓ Asociación de riego y Servicios Laguna Taypichaca – Suriquiña
- ✓ Sistema de riego Taypichaca – Palcoco

Todas ellas asociadas a su vez, a la Asociación Provincial de Regantes y Sistemas Comunitarios de Agua Potable de la Provincia Los Andes “APRESISCAPLA” con personalidad jurídica Nro. 936/2005.

Hace tres años, aproximadamente, existía la Asociación de riego y servicios Laguna serie “B” Yaurichambi, sin embargo las comunidades integrantes de esta asociación se unieron tanto a la Asociación Taypichaca – Suriquiña como a la Asociación Taypichaca – Palcoco, por lo que a la fecha no tiene funcionalidad.

- **Comités de Agua Potable**

En relación al agua potable, la cobertura es similar a las Asociaciones de riego, se maneja con las mismas comunidades lo cual es una ventaja para el seguimiento e impulso del Componente Agua para las Comunidades.

En las poblaciones más concentradas el Comité de Agua Potable se encarga de la administración, operación y mantenimiento del sistema, aunque de manera precaria.

- **Asociaciones de Pesqueros**

En el área del proyecto funcionan dos asociaciones de pesqueros como a continuación se describe:

### Asociación Sora Khota

Esta asociación tiene una antigüedad 5 años, el número de socios es de 18 que pertenecen a las comunidades de Litoral y Villa Andino. Actualmente está presidida por Dionisio Layme, el Secretario de actas es Adrian Quispe.

Según refieren, la pesca se realiza cada 15 días hasta cada 3 meses según la época. Se siembra alevinos de trucha y se espera 3 años para la pesca. Los alevinos son comprados de otros proveedores.

Por evento de pesca se obtiene 2 arrobas de trucha y 3 arrobas como máximo, la mejor época de pesca es el mes de agosto. Durante los meses de marzo y abril la pesca está restringida para permitir el crecimiento y reproducción de la especie. El producto es comercializado en el mercado de El Alto.

Dentro del área del proyecto se encuentra una vivienda precaria hecha de piedra y paja del lugar que es utilizada eventualmente como refugio por los asociados.

### **Asociación Taypichaca**

La data de esta asociación es de 20 años, se fundó en 1994, a la fecha cuenta con 15 socios, que pertenecen a la comunidad de Villa Andino, su Presidente actual es Severiano Choque Quispe. Al comenzar con esta actividad económica se sembraron entre 8000 y 9000 alevinos de trucha (1994).

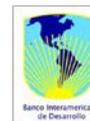
De acuerdo a los datos que proporcionaron la pesca se realiza cada 15 días, por jornada de pesca se obtiene 12 a 13 arrobas de trucha por día, la mejor época de pesca es el mes de agosto donde se pesca 2 días.

La comercialización de la trucha se realiza en el mercado de pescados de la zona Callampaya de la Ciudad de La Paz a una sola persona.

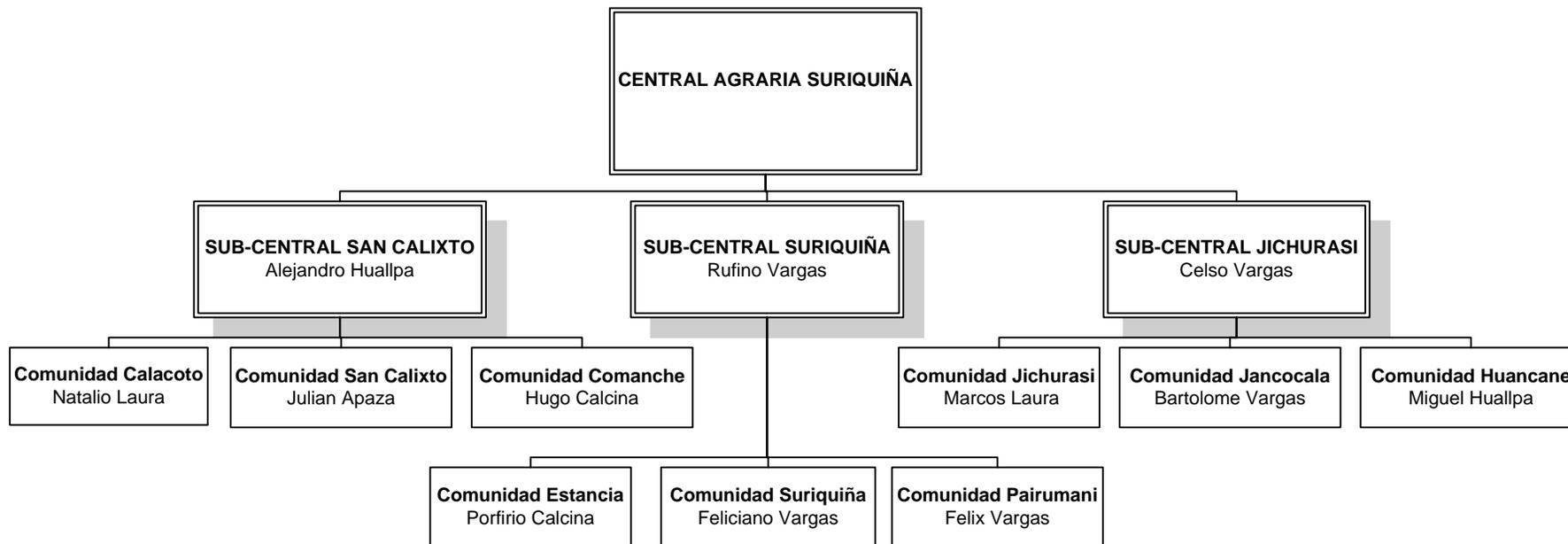
Para permitir el crecimiento y reproducción de la especie, los meses de marzo y abril está prohibida la pesca.

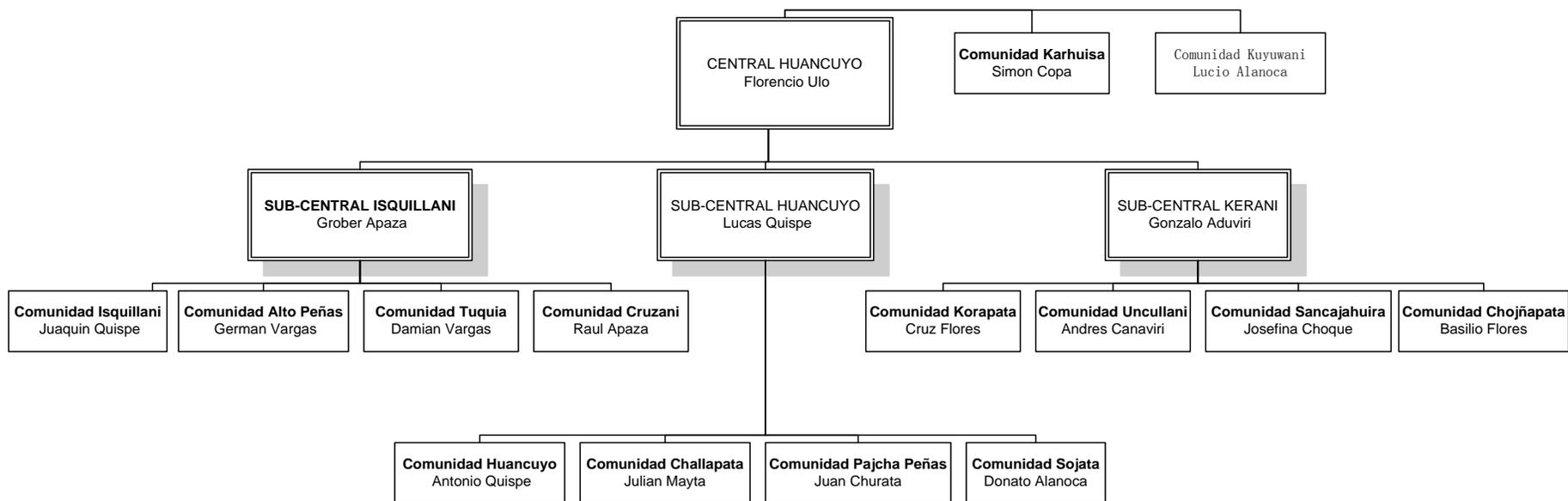
Esta Asociación tiene 2 viviendas una de ladrillo con una habitación de 6 m x 4 m, techo de calamina, cimiento de piedra y cemento, piso de cemento y otra de adobe de 4m x 3 m con techo de paja, piso de tierra. Ambas viviendas son utilizadas como refugio y para almacenar algunos productos y enseres.

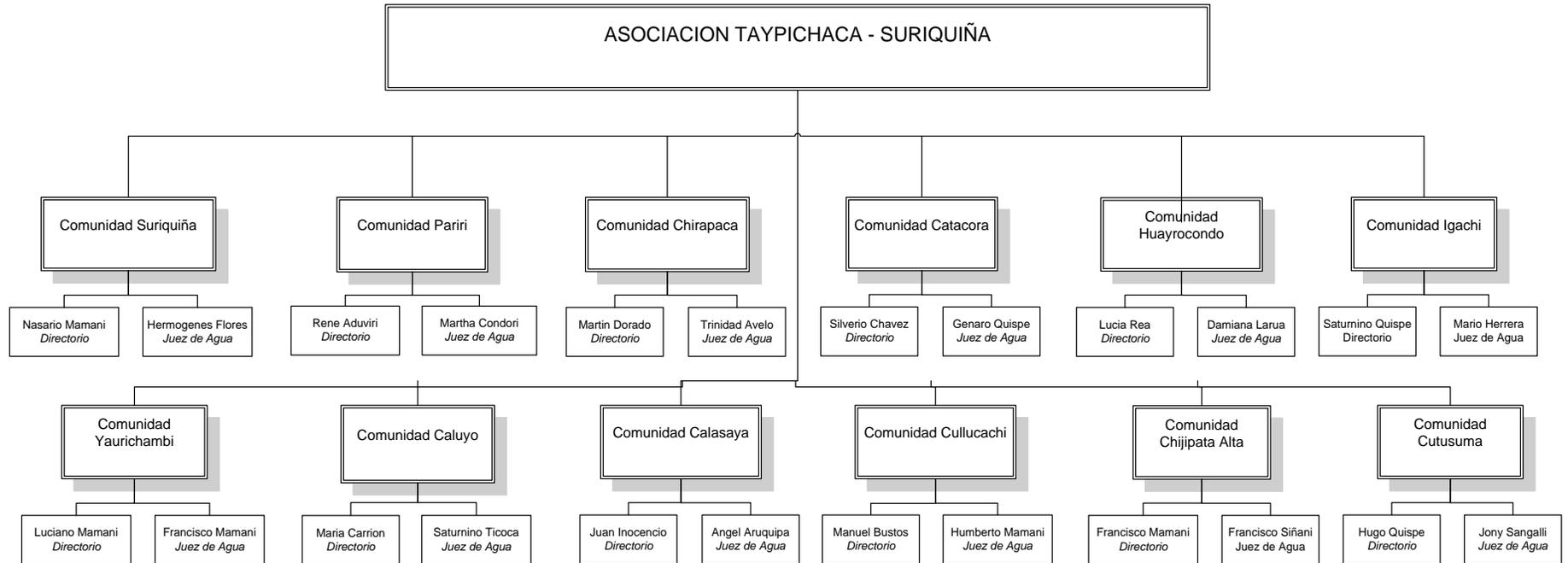
La laguna Taypichaca es compartida con la Comunidad de Suriquiña, que también realiza la actividad de pesca de manera individual no organizada, sin ningún aporte.

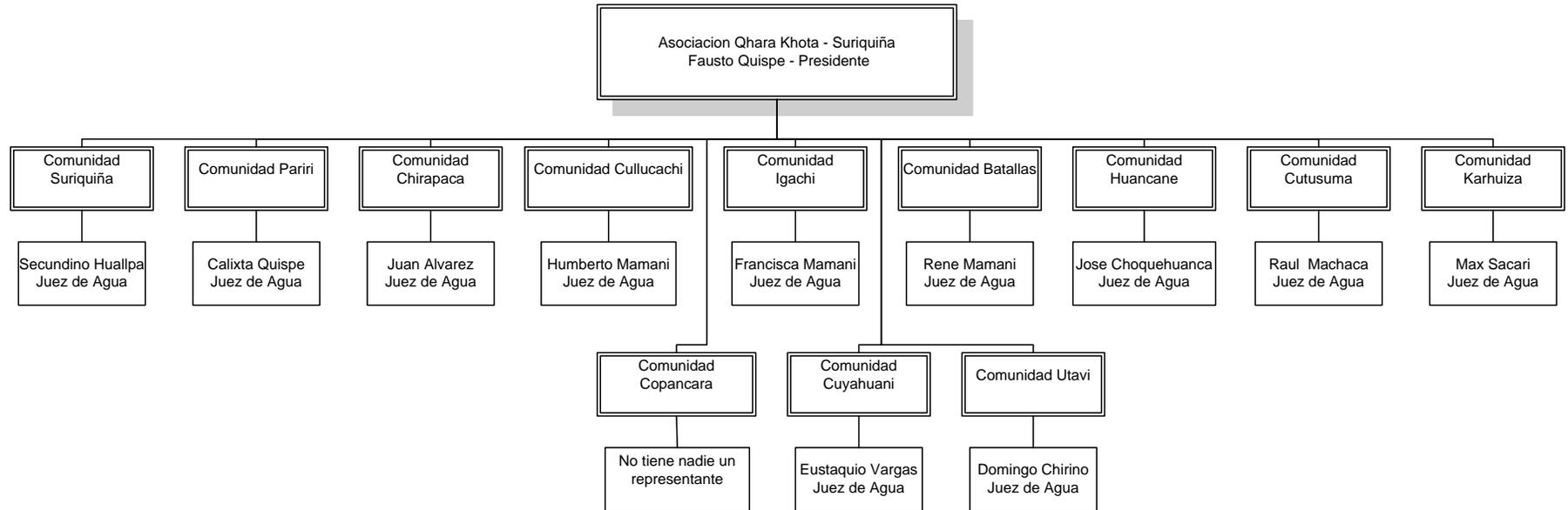


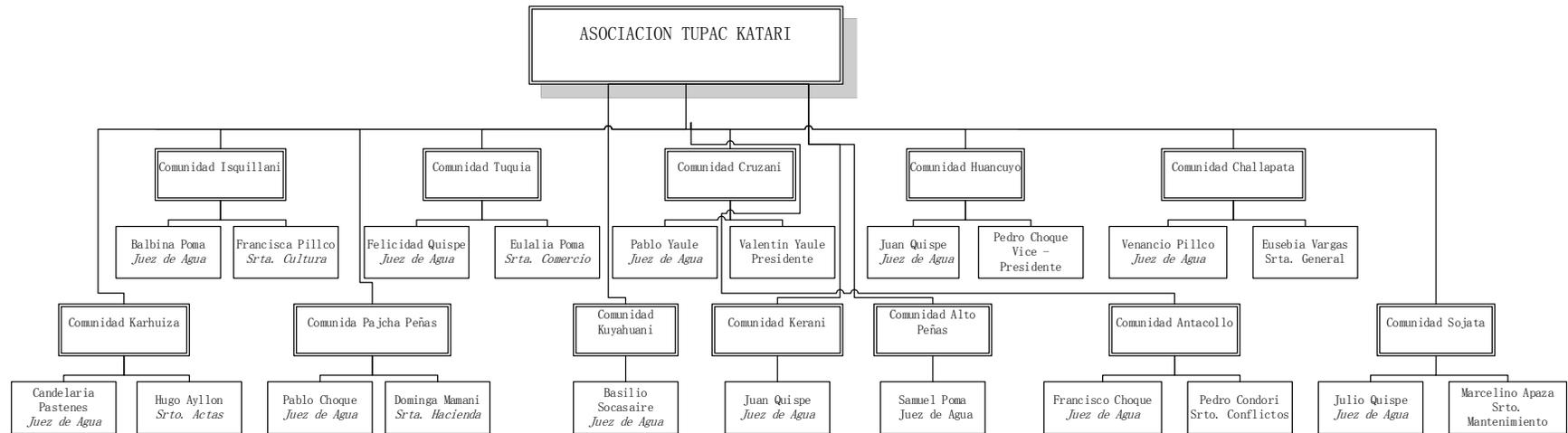
### Organigrama de las Centrales Agrarias y las Asociaciones de regantes

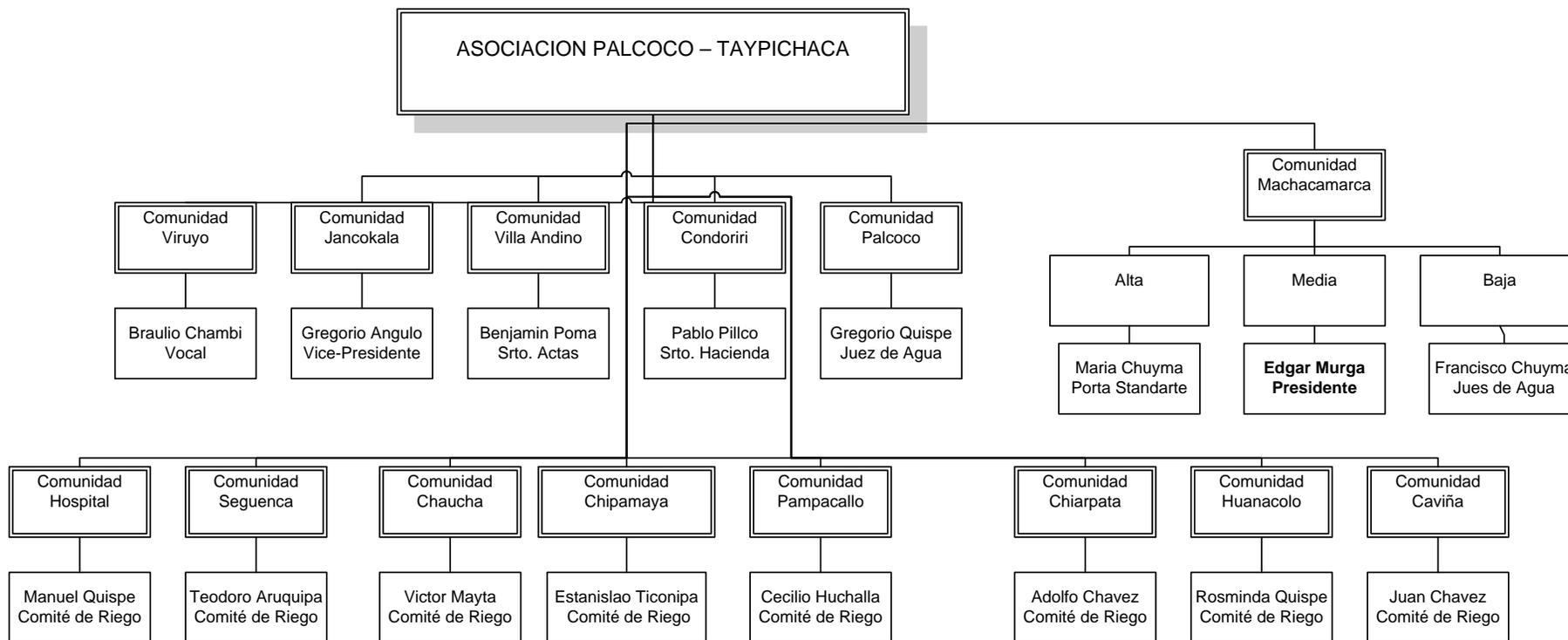
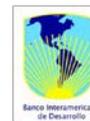












Para fines de representación, relacionamiento entre comunidades y la resolución de temas y conflictos relativos al agua, se creó la Asociación Provincial de Regantes y Sistemas Comunitarios de Agua Potable de la Provincia los Andes (APRESSCAPPLA).

Esta Asociación está compuesta de la siguiente forma:

- ✓ Presidente de la Asociación de Regantes de la Provincia Los Andes - Félix Apaza  
Presidente
- ✓ Representante de la Asociación Palcoco - Edgar Murga
- ✓ Representante de la Asociación Tupac Katari - Valentin Yaule
- ✓ Representante de la Asociación Karacota-Suriquiña - Fausto Quispe
- ✓ Representante de la Asociación Taypichaca-Suriquiña - Hugo Quispe

Además de ésta, existen dos comités impulsores del Proyecto Multipropósito que son los señores Héctor Vargas de la comunidad Alto Peñas y Luciano Cutipa de la comunidad Yaurichambi.

#### **4.5.2.17 Forma de manejo y administración del agua para riego**

Las Asociaciones de Regantes tienen manejo de agua de acuerdo con la disponibilidad de canales y el caudal disponible, es así que por ejemplo la Asociación Palcoco Taypichaca, tiene la siguiente distribución hacia las comunidades que están bajo su jurisdicción:

- ✓ De martes a viernes el turno le corresponde a la comunidad Palcoco
- ✓ De viernes a sábado el agua está a cargo de la comunidad Viruyo
- ✓ De sábado a martes utilizan las tres zonas de la comunidad de Machacamarca

Las otras comunidades de esta asociación al no contar con canales de riego no son tomadas en cuenta para los turnos de riego.

Dentro de la Asociación Tupac Katari se ha determinado el turno de 8 días distribuidos entre las 8 comunidades, internamente también existe una distribución por zonas; sólo la comunidad Isquillani cuenta con agua todos los días.

Las otras Asociaciones de Regantes no tienen un cronograma establecido debido a su ubicación aguas abajo y disponibilidad del agua del río en sus canales durante el tiempo que pueden hacerlo.

Se puede mencionar que estas 4 Asociaciones comparten de manera equitativa el caudal proveniente de las presas a las que corresponden, según sus registros de uso de agua para riego, es así que de la presa Khara Khota las asociaciones beneficiarias son Tupac Katari y Khara Khota-Suriquiña, de igual manera de la presa Taypichacha las Asociaciones beneficiarias son Palcoco y Taypichaca-Suriquiña.

A continuación se detalla cual es la forma de uso de agua para riego según cuenca.

#### **4.5.2.18 Uso de agua por asociación de regantes – Río Jacha Jahuira**

##### **Tupac Katari**

Las fuentes de agua se constituirán de las captaciones provenientes de las lagunas de la presa de Khara Khota y la nueva represa de Khotia Khota.

El curso principal de la cuenca en la que está ubicada la presa Khara Khota es el río Jacha jahuirá es de caudal permanente. Aguas debajo de dicha presa, en el sector de Isquillani, existe una infraestructura (distribuidor) para repartir el caudal del agua hacia los dos sistemas Suriquiña y Tupac Katari, a un caudal convenido de 50 % del volumen total de la presa.

La Represa Khara Khota, es una obra de almacenamiento y regulación de agua del sistema de riego, la presa es de tierra y tiene una altura aproximada de 8 metros, un ancho de corona de 4 m y longitud de 75 m y tiene una obra de toma combinada. Se estima que puede embalsar 14 Hm<sup>3</sup>.

Se presenta actividad desarrollada de piscicultura en las lagunas y en la misma presa mediante la cría de truchas con poco impacto e intensidad.

La nueva represa de Khotia Khota será de tipología de gravedad de hormigón en masa. La altura máxima sobre cimientos es de 11.00 metros, estando situada la coronación a la cota 4.493 m.s.n.m. La longitud de coronación es de 91.50 metros.

En principio, la cerrada se considera apta para soportar los esfuerzos que transmitirá una presa de esta tipología. Se ha contemplado una excavación mínima de los 3 metros superficiales del cimiento, lo que supone un volumen total de 2,160 m<sup>3</sup>. El área ocupada por el talud de la presa es de 845 m<sup>2</sup>. El volumen de hormigón del cuerpo de presa son 3,080 m<sup>3</sup>. Regulará 8.6 Hm<sup>3</sup>, de los cuales, 6 Hm<sup>3</sup> sirven para regular desde Khotia Khota las necesidades de riego demandadas por Khara Khota.

Se ha realizado la medición de caudales provenientes del cauce aguas abajo del embalse.

### **Fuentes de agua**

El caudal de operación es variable en función de la época del año, es decir existe una variación estacional del flujo de agua con una disminución importante durante la época de estiaje.

Se realizaron mediciones en los puntos de distribución importantes (tomas y/o repartidores comunales), en base a estos valores ha estimado los correspondientes para la época de estiaje.

En la tabla, también se puede observar que del 100% del caudal que ingresa al sistema (343 l/s), aproximadamente 25% entra de manera continua a la comunidad de Isquillani (86 l/s) y que el 75% restante (257 l/s) se distribuye a las demás comunidades, según turnos establecidos.

El caudal de operación estimado al ingreso del sistema se reduce entre 16 a 37% (40 a 94 l/s) al ingreso o cabecera de las comunidades. La disminución del caudal se debe principalmente al uso fuera de turno que realizan normalmente algunas comunidades ubicadas aguas arriba (robo de agua).

**Tabla 4.4-54 Estimación de caudales. Sistema KK-Tupac Katari**

Comunidad	Fuente	Fecha	X	Y	Altitud	Q_Dic (l/s)	Q_Estiaje (l/s)
Presa	Presa Khara Khota	18/12/2013	566155	8211321	4254	1098	745
	Primera toma Margen Izq.	18/12/2013	563473	8207894	4222	333	225
	Lado camino	18/12/2013	563340	8207389	4212	117	80
Sistema TK	Toma Kullurani (Jacha Jawira)	19/12/2013				343	264
	T. Kullurani - Q_Isquillani	19/12/2013				251	172
Isquillani	Toma Kullurani (Jacha Jawira)	19/12/2013	561634	8207163	4149	92	62
	Toma Zona Comanchi	19/12/2013	558109	8204918	4038	49	33
Tuquia	Canal Jacha Jawira (rio)	23/12/2013				100	50
	Canal Raya	23/12/2013	558819	8208092	4067	81	55
	Canal Wallatani	23/12/2013	558457	8208122	4060	34	25
	Canal Kallpajawira (rio)	23/12/2013				47	30
	Canal Rincon	23/12/2013				12	3
Cruzani	Toma Tejar Jawira	23/12/2013	555976	8209343	4013	50	45
Huancuyo	Canal Zona Jankho sani	24/12/2013	554061	8210168	3959	47	32
Challapata	Canal Repartidor Challapata	26/12/2013	554157	8208581	3891	68	45
Pajcha Peñas	Repartidor Puente Kerani	27/12/2013	552812	8205984	3975	80	55
Sojata	Repartidor Sojata-Karhuiza	27/12/2013	550826	8207474	3952	94	65
Antacollo	Repartidor Antacollo Zona 2	30/12/2013	551706	8209528	3898	40	20
Karhuiza	Repartidor Winto-Tanacachi	31/12/2013	549895	8206957	3844	68	45

Fuente: PROINTEC (2014)

La distribución de agua entre comunidades, la realizan por turnos de 24 horas semanales con todo el caudal (monoflujo), con excepción de la comunidad Isquillani que tiene turno continuo durante la semana. En la tabla siguiente, se presenta el rol de distribución de agua según comunidad precisando los días y el número de horas por turno.

**Tabla 4.4-55 Rol de turnos de distribución de agua**

No	Comunidad	Desde	Hora	Hasta	Hora	Total Horas	Observaciones
1	Isquillani	Lunes	-	Lunes	-	169	Turno continuo
2	Tuquia	Lunes	12:00 m.	Martes	11:00 a.m.	23	Solo entra en turno el canal Raya el resto no respeta el turno
3	Challapata	Martes	11:00 a.m.	Miércoles	10:00 a.m.	23	
4	Antacollo	Miércoles	10:00 a.m.	Jueves	09:00 a.m.	23	12 horas de riego efectivas en la comunidad
5	Sojata	jueves	09:00 a.m.	Viernes	08:00 a.m.	23	A la 2da. Zona hasta jueves 14:00

No	Comunidad	Desde	Hora	Hasta	Hora	Total Horas	Observaciones
6	Karhuiza	Viernes	08:00 a.m.	Viernes	23:00 p.m.	15	-
7	Cruzani	Viernes	23:00 p.m.	Sábado	16:00 p.m.	17	-
8	Huancuyo	Sábado	16:00 p.m.	Domingo	14:00 p.m.	22	-
9	Pajcha Peñas	Domingo	14:00 p.m.	Lunes	12:00 m.	23	No utilizan el turno, solo filtraciones del bofedal

Fuente: PROINTEC (2014)

### Khara Khota - Suriquiña

El caudal de operación es variable en función de la época del año, es decir existe una variación estacional del flujo de agua con una disminución importante durante la época de estiaje.

Se realizaron mediciones en los puntos de distribución importantes (tomas y/o repartidores comunales), en base a estos valores han estimado los correspondientes para la época de estiaje.

**Tabla 4.4-56 Estimación de caudales en la zona alta. Sistema de Riego KK-Suriquiña**

Comunidad	Fuente	Fecha	X	Y	Altitud	Q_Dic (lps)	Q_Estiaje (lps)
Presa	Presa Khara Khota	18/12/2013	566155	8211321	4254	1098	745
Sistema KK-Suriquiña	Toma derivadora Uma Toma	03/02/2014	562093	8207213	4100	1175	940
Jankho Kala	Toma tradicional Jankho Kala	18/12/2013	563473	8207894	4222	333	225
Jankho Kala	Toma tradicional Jankho Kala	03/02/2014	563473	8207894	4222	233	225
Jankho Kala	Lado camino	18/12/2013	563340	8207389	4212	117	80
Jankho Kala-Jichurasi	Repartidor Jankho Kala-Jichurasi	04/02/2014	559613	8203574	-	19	30 - 40

Fuente: PROINTEC (2014)

#### 4.5.2.19 Funcionamiento del sistema y organización de los beneficiarios – Rio Jacha Jahuira

##### Tupac Katari

El establecimiento de los derechos de uso de agua de la Asociación de Riego Khara Khota-Tupac Katari, data de antes de la Reforma Agraria (1952) y se consolida en

la década del ochenta con la realización de trabajos de mejoramiento del sistema. Los derechos de uso tradicional están ligados a la persona y no así al terreno, y que se expresan en turnos semanales por comunidad, con las siguientes características:

- ✓ Turno continuo durante la semana con una fracción (aprox. 25%) del caudal total que entra al sistema en la comunidad de Isquillani.
- ✓ Turno de 24 horas por semana con la mayor parte del caudal (aprox. 75%) para las comunidades de Tuquia, Challapata, Pajcha Peñas, Huancuyo, Sojata y Antacollo.
- ✓ Turno de 18 y 15 horas con la mayor parte del caudal (aprox. 75%) para las comunidades de Cruzani y Karhuiza respectivamente.

Las comunidades de Alto Peñas y Kerani, si bien forman parte de la Asociación de Riego KK-Tupac Katari y tienen derecho de uso tradicional, actualmente no se benefician con el agua de riego, debido a que no cuentan con la infraestructura necesaria. Sin embargo, a la fecha está en proceso de ejecución un proyecto que consiste en la construcción de infraestructura de conducción que suministrara agua a las zonas de cultivo (Aynokas) de varias comunidades, incluidas las mencionadas anteriormente y de esa manera consolidar sus derechos de uso.

### **Khara Khota Suriquiña**

Los derechos de uso de agua de la Asociación de Riego Khara Khota-Suriquiña datan de los años 80, con la ejecución de trabajos de construcción y ampliación del sistema.

El derecho de uso tradicional de las comunidades de cabecera es permanente, es decir tienen disponibilidad de agua continua. En cambio, el derecho de uso del agua establecido con el proyecto se expresa, a través de turnos determinados para cada comunidad. Los derechos de uso de agua están ligados a la persona y no así al terreno.

Con la construcción de la represa Khara Khota, se establecieron derechos de uso del agua en el área de influencia del proyecto creándose dos sub-sistemas o Asociaciones KK-Tupac Katari y KK-Suriquiña, las cuales se dividen el caudal proveniente de la represa en un 50% cada una. El punto de distribución del agua entre los sistemas de riego es la toma derivadora “Uma Toma”. La toma tradicional Jankho Kala, ubicada aguas arriba de la anterior, por derecho “ancestral” dispone de una parte del caudal proveniente de la represa (aprox. 150-200 l/s) utilizada en las áreas tradicionales.

En los canales P1 y P2, los derechos de uso de agua originalmente correspondían a turnos de entre 3 a 5 días por grupo de comunidades. Por ejemplo, en el canal P1, se estableció 1 día para el llenado de los canales, 4 días para las comunidades de Utavi, Cuyahuani y Copancara, 4 días para las comunidades de Huancané, Igachi y Batallas y 5 días para las comunidades de Karhuiza, Chirapaca y Pariri. Actualmente, si bien estos turnos se mantienen, no son de estricto cumplimiento, debido a que algunas comunidades no utilizan el agua por el deterioro del canal principal y la escasa disponibilidad de agua.

Es importante indicar que las comunidades Pariri y Chirapaca, al igual que Suriquiña, tienen derecho de uso tradicional ancestral, razón por la cual en los turnos de

distribución establecidos en el Canal P1, utilizan el agua a demanda libre y de manera continua.

### **Organización de los beneficiarios**

Los turnos y derechos de agua están basados en acuerdos internos entre comunidades, cuya distribución de agua entre los usuarios será a demanda libre entre los meses de enero, febrero y junio, julio, mientras que en los meses de marzo y abril el riego puede ser utilizado como riego complementario, mientras que en los meses de agosto a diciembre con poca precipitación pluvial, el reparto será por turno entre comunidades, y expresado en días de acuerdo a la cantidad de terreno y época de siembra que se determinara con el apoyo de los consultores dentro la Asistencia Técnica Integral. El rol de turnos se definirá en asamblea general de todos los regantes, el agua se distribuirán de acuerdo a las listas de los beneficiarios y rol de turnos a acordarse.

La Asociación de Regantes estará compuesta principalmente por un Presidente, Vicepresidente y otras carteras, sin embargo se respetaran los grupos conformados actualmente, u otra estructura orgánica de acuerdo a sus usos y costumbres.

#### **4.5.2.20 Usos de agua por organización de regantes – Rio Linku**

##### **Taypichaca Suriquiña**

Las fuentes de agua se constituirán de la captación proveniente de la laguna de Taypichaca.

La Represa Taypichaca se encuentra ubicada en la cuenca del Rio Cullucachi, es el principal componente de almacenamiento y regulación del Sistema de Riego Taypichaca. Este último se encuentra dividido en dos sistemas de riego menores: Taypichaca-Suriquiña y Taypichaca-Palcoco.

La altura máxima sobre cimientos del recrecimiento es de 15.50 metros, estando situada la coronación a la cota 4,349 m.s.n.m. La longitud de coronación es de 163.30 metros.

A falta de un conocimiento más detallado de los materiales disponibles, correspondiente a fases más avanzadas del proyecto, se han tomado unos taludes conservadores para este tipo de presas. Se ha adoptado un talud de 2.50 H:1V aguas abajo y de 3.00 H:1V aguas arriba. El ancho de coronación es de 6 metros, estando formada por dos aceras de 1 metro y una calzada de 4 metros de ancho.

Se presenta actividad desarrollada de piscicultura en las lagunas y en la misma presa mediante la cría de truchas con poco impacto e intensidad.

Se ha contemplado una excavación mínima de los 1.50 metros superficiales del cimiento, lo que supone un volumen total de 37,540 m<sup>3</sup>. El área ocupada por el talud de la presa es de 7,178 m<sup>2</sup>.

Se ha realizado la medición de caudales provenientes del cauce aguas abajo del embalse.

### Fuentes de agua

El caudal de operación es variable en función de la época del año, es decir existe una variación estacional del flujo de agua con una disminución importante durante la época de estiaje.

Se realizaron mediciones en los puntos de distribución importantes (tomas y/o repartidores comunales), en base a estos valores han estimado los correspondientes para la época de estiaje.

**Tabla 4.4-57 Estimación de caudales. Sistema Taypichaca Suriquiña**

N°	Descripción	X	Y	Fecha	Q (l/s)
1	Comunidad Catacora	553155	8198502	27-nov-2013	151
2	Comunidad Pariri (Aguas Kara Khota) H°C°	554502	8199404	27-nov-2013	141
3	Comunidad Chirapaca Challapampa H°C°	554206	8199090	27-nov-2013	14
4	Comunidad Chirapaca Villa Alicia	554728	8197733	27-nov-2013	43
5	Comunidad Chirapaca Qelqata H°C°	554025	8196355		30
6	Comunidad Yaurichambi	556213	8196974	9-ene-2014	10
7	Comunidad Cullucachi (Aguas Taypichaca)	555042	8196735		27
8	Comunidad Cullucachi (Aguas Kara Khota)	552002	8196672		22
9	Cullucachi (Aguas Kara Khota) y Chirapaca	552777	8198007	13-dic-2013	101
10	Comunidad Huayrocondo	553907	8193359	28-nov-2013	5
11	Comunidad Calazaya	552439	8194739	28-nov-2013	5
12	Comunidad Cutusuma	548574	8195361	12-dic-2013	15

Fuente: PROINTEC

Los caudales que se manejan a nivel de comunidades son variables según la época y comportamiento de la precipitación pluvial que afectan a las aguas surgentes de bofedales y ríos.

### Taypichaca Palcoco

El caudal que baja del embalse Taypichaca es de aproximadamente 700 l/s, la cual es dividida en la obra de toma principal denominada Linku Punku, entre la Asociación

del Sistema de Riego Taypichaca-Palcoco y la Asociación de Riego Taypichaca-Suriquiña, cada sistema utiliza el 50% de las aguas, según acuerdos y convenios establecidos entre ambas comunidades.

La operación del sistema de riego, se inicia formalmente en el mes de junio, cuando se verifica el caudal de ingreso a ambos sistemas, luego conducen y distribuyen un caudal de 350 l/s aprox., entre 8 comunidades que actualmente utilizan el agua de riego. Las aguas de la presa de embalse y del escurrimiento base de los ríos, están establecidos siguiendo un orden de uso fijo por semana para cada comunidad, turno que se expresa en 24 horas de uso por comunidad. El orden y detalle de la distribución de los turnos está consignado en la siguiente tabla.

**Tabla 4.4-58 Rol o turnos de distribución de agua**

N°	Comunidades	Inicio de Riego	Fin de Riego	Q = l/s	N° Usuario
1	Palcoco Villa Andino	Martes a Hrs 13:00	Miércoles a Hrs 13:00	80	160
2	Palcoco Litoral	Miércoles a Hrs 13:00	Jueves a Hrs 13:00	80	131
3	Palcoco Condoriri	Jueves a Hrs 13:00	Viernes a Hrs 13:00	80	80
4	Viruyo	Viernes a Hrs 13:00	Sábado a Hrs 13:00	40	49
5	Jankho Kala	Viernes a Hrs 13:00	Sábado a Hrs 13:00	40	55
6	Machacamarca alta	Sábado a Hrs 13:00	Domingo a Hrs 13:00	80	68
7	Machacamarca media	Domingo a Hrs 13:00	Lunes a Hrs 13:00	80	65
8	Machacamarca baja	Lunes a Hrs 13:00	Martes a Hrs 13:00	80	50

Fuente: PROINTEC

La frecuencia de riego a nivel de comunidades, es de 7 días y la duración de riego en cada comunidad es de 24 horas, existe tolerancia en cuanto al cambio de turno de una comunidad a otra. El inicio y finalización del turno de riego es fijo a nivel comunal, es decir empieza y finaliza, siempre el mismo día y a la misma hora.

Las comunidades Chiarpata, Huanocollo y Caviña, si bien tienen derechos de uso, no tienen turnos de riego establecidos debidos principalmente a la ubicación geográfica de estas comunidades las cuales se encuentran distantes de la red de distribución principal. Tampoco cuentan con infraestructura interconexión con los canales principales de conducción del sistema. Estas comunidades al interior tiene una infraestructura mínima de riego que les permite regar en el periodo abril a junio para el prepara suelos las aguas de escurrimiento pasada la temporada de lluvias.

#### 4.5.2.21 Funcionamiento del sistema y organización de los beneficiarios – Río Linku

##### Taypichaca Suriquiña

El establecimiento de los derechos de uso de agua de la Asociación de Riego Taypichaca-Suriquiña, data de la época de las haciendas y se consolida a través de los trabajos de mejoramiento, principalmente en la presa. Si bien todas las comunidades afiliadas a la asociación tienen derecho de uso de agua, algunas no pueden efectivizar su derecho debido a los siguientes factores:

- ✓ Acceso y ubicación de la comunidad respecto a la fuente de agua
- ✓ Disponibilidad de agua suficiente
- ✓ Falta de infraestructura de interconexión con la fuente principal de agua, entre otras.

El derecho de uso de agua es individual, está ligado a la persona y no al terreno. Teóricamente están establecidos turnos de distribución del agua para riego de 4 días por comunidad, sin embargo en la práctica no se verifica este hecho ya que se pudo observar, que la expresión del derecho de uso de agua es diferenciada según zonas de servicio del sistema de riego y en función a los factores anteriormente mencionados:

- ✓ Las comunidades que se encuentran en la zona alta del sistema, próximas a la fuente de agua (Pairumani-Suriquiña, Estancia-Suriquiña y Catacora), tienen acceso directo al agua de la Represa Taypichaca y mayor disponibilidad de agua y por consiguiente su derecho de uso de agua es permanente (continuo).
- ✓ Las comunidades de Pariri, Chirapaca, Yaurichambi, Cullucachi, Caluyo, Calasaya y Huayrocondo, ubicadas en la zona media, no reciben agua de la presa, debido a que esta se “pierde” o infiltra en el lecho del río durante su recorrido hacia las comunidades indicadas. Pero se observa, que aguas abajo afloran, tanto en el cauce del río, como en aéreas circundantes al mismo. Estas aguas surgentes alimentan a varios bofedales, de los cuales a su vez son captadas y conducidas para el riego de cultivos. En el caso de las comunidades Yaurichambi y Huayrocondo también cuentan con otras fuentes de agua como el Río Yaurichambi o Lako Jawira y el Río Seguenca. En estas comunidades el derecho de uso de agua se expresa en la dotación de agua por turno en función de la disponibilidad de agua.
- ✓ Las comunidades Igachi, Cutusuma, Chijipata Alta, ubicadas al final del sistema de riego (zona baja), si bien tienen derecho de uso de agua para riego, no acceden al agua de la represa, debido a que el agua no llega hasta esta zona y tampoco cuentan con infraestructura de interconexión con la fuente principal de agua. Tienen escasa disponibilidad de agua proveniente de aguas surgentes.

Para mantener el derecho de uso del agua de riego, los usuarios deben cumplir con aportes en mano de obra y monetario. Los aportes en mano de obra son utilizados para los diferentes trabajos de mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura. El aporte monetario es anual y fijo (10 Bs/usuario/año) y es utilizado para gastos de gestión del sistema (administrativos, compra de materiales, otros)

##### Taypichaca Palcoco

El establecimiento de los derechos de uso de agua de la Asociación de Riego del Sistema Taypichaca-Palcoco, es similar a la de la Asociación de Riego Taypichaca-

Suriquiña puesto que datan de la misma época y se consolidan a través de los trabajos de construcción y mejoramiento principalmente en la presa en la década del 90. El derecho de uso de agua es individual y está ligado a la persona y no así al terreno y fue adquirido por inversión de mano de obra en trabajos de mejoramiento del sistema y que ahora están afiliados a la asociación de riego.

El derecho de agua, se expresa en turnos semanales de 24 horas por comunidades y al interior de estas se reparten también por turnos según número de usuarios y lista elaborada por los jueces de agua, comité de riego o alcaldes de acequia.

Es importante indicar que existen comunidades como Chiarpata, Huanocollo y Caviña que si bien tienen derechos de uso, estos no riegan debido a la escasa disponibilidad de agua y falta de infraestructura interconexión con los canales principales de conducción del sistema.

Para mantener el derecho de uso del agua de riego, los usuarios deben cumplir con aportes principalmente en mano de obra para trabajo de mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura y participar en reuniones ordinarias y extraordinarias de la asociación.

### **Organización de los beneficiarios**

Los turnos y derechos de agua están basados en acuerdos internos entre comunidades, cuya distribución de agua entre los usuarios será a demanda libre entre los meses de enero, febrero y junio, julio, mientras que en los meses de marzo y abril el riego puede ser utilizado como riego complementario, mientras que en los meses de agosto a diciembre con poca precipitación pluvial, el reparto será por turno entre comunidades, y expresado en días de acuerdo a la cantidad de terreno y época de siembra que se determinara con el apoyo de los consultores dentro la Asistencia Técnica Integral. El rol de turnos se definirá en asamblea general de todos los regantes, el agua se distribuirán de acuerdo a las listas de los beneficiarios y rol de turnos a acordarse.

La Asociación de Regantes estará compuesta principalmente por un Presidente, Vicepresidente y otras carteras, sin embargo se respetaran los grupos conformados actualmente, u otra estructura orgánica de acuerdo a sus usos y costumbres.

#### **4.5.2.2 Conflictividad del área de influencia**

El análisis de los conflictos que surgen en el área de influencia respecto al uso del agua de las cuencas ha sido realizado inicialmente por el MMAyA<sup>12</sup> y posteriormente por PROINTEC<sup>13</sup>.

El documento denominado Mapeo y levantamiento de información de las comunidades para el proyecto “Agua para La Paz y El Alto” realiza un análisis de los diferentes actores sociales e institucionales involucrados en el área de influencia.

<sup>12</sup> Mapeo y levantamiento de información de las comunidades para el proyecto “Agua para La Paz y El Alto”. Tapia Laimé Alvaro. 2013

<sup>13</sup> Mapeo de actores. Documento de PROINTEC. 2014

Manifiesta que “los conflictos surgen a partir del rol que cada comunidad tiene dentro del contexto de la cuenca, es decir, como las comunidades proveedoras o abastecedoras de agua ...y comunidades usuarias – consumidoras del agua ..., están determinados por la percepción de “a quién le pertenece el agua”, todo esto sumado a la problemática en torno al acceso y derecho de uso de agua a zonas urbanas”.

Añade que “Existe una conciencia social muy fuerte de parte de las comunidades referente al concepto de propiedad sobre las cuencas de aporte, sobre las aguas, lagunas, glaciares, etc. dentro de “su territorio” el cual ha sido reforzado por los registros realizados y emitidos por el Servicio Nacional de Riego (SENARI) y/o SEDERI respaldado por ley. Sobre esta base las comunidades han trabajado conjuntamente con sus municipios y el SEDERI en generar proyectos de aprovechamiento de estas fuentes con fines de riego y consumo humano dentro del Municipio de Pucarani”.

El mismo estudio identifica dos tipos de conflictos: vigentes y subyacentes. Los conflictos vigentes están relacionados al uso del agua de la cuenca Taypichaca por dos municipios: Pucarani y Batallas, que ya presentan confrontaciones por límites territoriales intermunicipales y con el uso compartido de las fuentes de agua por las comunidades de Suriquiña, Alto Peñas (Batallas) y la comunidad de Palcoco (Pucarani). La resolución de estos conflictos está fuera del alcance del proyecto. Este aspecto también fue resaltado en el estudio realizado por PROINTEC.

Los conflictos subyacentes fueron analizados por PROINTEC, haciendo énfasis en el acceso, uso, distribución, redistribución del recurso agua a través de diferentes técnicas de trabajo de campo. El estudio sostiene que en el área de influencia, el 50% de las comunidades analizadas beneficiarias del Proyecto Multipropósito, tienen conflictos por el recurso agua, muchas de ellas tienen problemas con otras comunidades del sistema riego, con comunidades de otros sistemas de riego y también al interior de cada territorio comunal.

Este dato es importante tomarlo en cuenta, puesto que la mayoría de ellas tienen una economía basada en la agricultura y en la ganadería, como también de todos aquellos productos transformados de la producción de la leche.

El área de influencia tiene una preponderancia importante con los municipios que componen la frontera del Perú, puesto que entre los habitantes de ambos países prevalecen relaciones de intercambio económico y de parentesco. Los productos agrícolas, el ganado, la leche y sus derivados trascienden las fronteras intermunicipales, provinciales, interdepartamentales e internacionales.

Se resalta estos elementos y factores, puesto que durante los procesos de diálogo intercultural que se desarrollaran, se deberá tomar en cuenta la alta sensibilidad sobre la problemática del agua que abarca a la mayoría de las comunidades beneficiarias del Proyecto.

Los bofedales tienen una importancia relevante entre las comunidades del área de influencia, puesto que muchas comunidades recurren a estos para que el ganado existente tome agua, estos espacios comunitarios y familiares son utilizados con mayor intensidad en época de sequía o estiaje.

Por testimonios levantados por la población femenina, los bofedales son también una fuente de provisión de agua para el consumo humano. Es entonces que los conflictos por el uso de estas áreas se convierten en un factor de disonancia entre comunarios y comunarias, puesto que hay zonas que no cuentan con agua durante todo el año.

### **Análisis por sistemas de riego:**

#### **Comunidades analizadas del Sistema de Riego Palcoco:**

- Palcoco Villa andino
- Palcoco Litoral
- Palcoco Condoriri
- Viruyo
- Jancokala
- Machacamarca Alta
- Machacamarca Baja
- Machacamarca Centro
- Chiarpata
- Huanocollo

La investigación arrojó que el 64% de las comunidades (7 de 12), tienen conflictos por la distribución, acceso y uso del agua. Estas comunidades a su vez tienen conflictos entre todos los comunarios por el acceso al agua.

Existen conflictos entre las comunidades que componen el territorio de Palcoco (Palcoco Villa Andino, Palcoco Condoriri y la población urbana de Palcoco), también tienen problemas con las comunidades que componen Machacamarca o viceversa.

El hecho de la existencia de conflictos previos al Proyecto debe ser manejado con bastante cuidado, dado que al interior de la Asociación existen divisiones entre líderes por factores externos al proyecto y que son manejados por familias que habitan históricamente en la región.

En este sentido, estos territorios pueden contribuir a niveles de conflictividad no previstos en las comunidades.

### **Aspectos negativos que las comunidades ven hacia el proyecto**

En los talleres, entrevistas individuales y el estudio de caso, las respuestas principales y de la mayoría de los comunarios que “No quieren dar agua al Alto” y “Que nos quiten el agua” se encuentran como factor principal y es el temor principal de los dirigentes y líderes de este sistema de agua.

### **Aspectos positivos que se perciben hacia el proyecto multipropósito**

- ✓ 6 de 11 comunidades han identificado los beneficios que puede generar el Proyecto Multipropósito.
- ✓ Entre ellas se encuentran una mayoría de respuestas relacionadas con el riego: tecnificación, mejorar el riego, mejoramiento de canales.
- ✓ Otro grupo de respuestas está relacionado al mejoramiento de la producción y al mejoramiento del forraje.

- ✓ Este conjunto de percepciones nos permite señalar que el 40% de los representantes de las comunidades no identifican claramente el beneficio que el Proyecto les pueda brindar a sus comunidades.

#### **Oportunidades que se perciben hacia el proyecto multipropósito:**

- ✓ Tecnificación del riego
- ✓ Mejoramiento de la producción

#### **Comunidades analizadas del Sistema de Riego Tupac Katari**

- ✓ Huancuyo
- ✓ Alto Peñas
- ✓ Isquillani
- ✓ Challapata
- ✓ Antakollo
- ✓ Pajcha Peñas
- ✓ Karhuiza
- ✓ Tuquia
- ✓ Kerani
- ✓ Chojña Pata
- ✓ Uncallani
- ✓ Corapata
- ✓ Sanka Jahuirá
- ✓ Cruzani.
- ✓ Sojata

#### **Conflictos dentro del Sistema de Tupac Katari**

De 9 comunidades analizadas de las 15 que componen el Sistema, 7 comunidades manifiestan sus temores en relación al Proyecto, un 44% se refiere a la escasez de agua, 33% a conflictos entre las comunidades por los porcentajes establecidos Chojña Pata, Tuquia y Corapata. El 33% expresa su temor a la generación de problemas que puede traer el Proyecto entre los diferentes habitantes, líderes, jueces de agua y todas las autoridades por los porcentajes de distribución de agua.

#### **Aspectos positivos que se perciben hacia el proyecto Multipropósito**

Las 9 comunidades de la muestra han identificado los beneficios que puede generar el Proyecto Multipropósito, esto significa que todas tienen una posición al respecto y este es un factor positivo que posibilitará generar procesos de consenso.

La mayoría de las comunidades han respondido varias preguntas relacionadas con el factor agua y riego. Las respuestas más relevantes son el de contar con agua, contar con agua para riego, mejorar la producción y la ganadería y otro elemento importante y particular a este sistema de riego es el pensamiento colectivo que el Proyecto es para el bien de la comunidad.

Este conjunto de respuestas permite identificar que la mayoría de los representantes de las comunidades identifican claramente el beneficio que el Proyecto les pueda brindar a sus comunidades. Caso contrario de lo que sucede en Palcoco.

### Oportunidades que se perciben hacia el proyecto Multipropósito:

- ✓ Bienestar para las comunidades

### Comunidades analizadas del Sistema de riego Khara Khota - Suriquiña

- ✓ Huancuyo
- ✓ Alto Peñas
- ✓ Isquillani
- ✓ Challapata
- ✓ Antakollo
- ✓ Pajcha Peñas
- ✓ Karhuiza
- ✓ Tuquia
- ✓ Kerani
- ✓ Chojña Pata
- ✓ Uncallani
- ✓ Corapata
- ✓ Sanka Jahuirá
- ✓ Cruzani
- ✓ Sojata

### Conflictos dentro del sistema de Khara Khota - Suriquiña

En el sistema de agua Khara Khota – Suriquiña, el 100 % de las comunidades tienen conflictos por la distribución, acceso y uso del agua. Al igual que en los otros sistemas de riego, las comunidades que componen este espacio territorial tienen a su vez conflictos entre todos los comunarios, entre las comunidades por el acceso al agua.

Los bofedales son considerados un recurso natural y tienen una importancia relevante para la comunidad de Hanco Cala - Suriquiña y para todas las comunidades vecinas, puesto que muchos comunarios recurren a los bofedales existentes para que el ganado existente tome agua. Puntualizando que estos espacios comunitarios y familiares son utilizados con mayor intensidad en época de sequía o estiaje.

Por testimonios levantados por la población femenina, los bofedales son también una fuente de provisión de agua para el consumo humano.

Los habitantes que componen este sistema de agua tienen particular sentido de identidad y de propiedad sobre su territorio y sus recursos naturales.

### Aspectos negativos que las comunidades ven hacia el Proyecto Multipropósito

Se resalta que 3 de 11 comunidades han manifestado sus temores frente al Proyecto, los otros representantes de las comunidades prefieren no manifestar su posición.

### Aspectos positivos que se perciben hacia el Proyecto Multipropósito

De las 12 comunidades de la muestra, 6 líderes han identificado los beneficios o aspectos positivos que puede generar el Proyecto Multipropósito.

Una mayoría de respuestas serán relacionadas con el factor agua y riego. Las respuestas más relevantes (36%) es el mejoramiento de riego, especificando claramente que las comunidades no quieren refacción, le sigue en orden de importancia (27%) de contar con agua.

Otro grupo de relevancia y está más referido a las expectativas más específicas como las referidas al tipo de riego. El 18 % espera que el riego sea por aspersión. Otro grupo relevante de respuestas es de poder vender los productos.

Este conjunto de respuestas permite identificar que la mayoría de los representantes de las comunidades identifican claramente el beneficio que el Proyecto les pueda ofrecer. Caso contrario de lo que sucede en Palcoco.

### **Oportunidades que se perciben hacia el proyecto Multipropósito:**

- ✓ Venta de productos
- ✓ Riego por aspersión

### **Comunidades analizadas del Sistema de riego Taypichaca - Suriquiña**

Las comunidades analizadas en el presente sistema de agua fueron las siguientes:

- ✓ Pairumani
- ✓ Estancia
- ✓ Catacora
- ✓ Yaurichambi
- ✓ Kullucachi
- ✓ Caluyo
- ✓ Huayrocondo
- ✓ Cutusuma
- ✓ Igachi

Faltan dentro de la muestra de análisis las comunidades de Suriquiña, Pariri, Chirapaca, Kalasaya y Chijipata Alta

### **Conflictos dentro del sistema de Taypichaca – Suriquiña**

Entre los datos obtenidos, encontramos que el 38% de las comunidades tienen conflictos con el recurso agua, el 25% tiene problemas por el riego y el uso de los bofedales.

### **Aspectos negativos que las comunidades ven hacia el proyecto multipropósito**

4 de 10 comunidades han manifestado sus temores frente al Proyecto, los otros representantes de las comunidades prefieren no manifestar su posición. La comunidad que más resiste al Proyecto es la comunidad de Yaurichambi.

Como antecedente, este grupo de comunidades elaboró otro proyecto de agua que comprende a las 12 comunidades del área, la diferencia que ellos manifiestan entre el Proyecto Multipropósito y el formulado por el conjunto de comunidades, es que el recurso agua solamente será para ellos y no será para compartir con la ciudad de El Alto.

### Aspectos positivos que se perciben hacia el proyecto multipropósito

4 de 10 comunidades de la muestra han identificado los beneficios o aspectos positivos que puede generar el Proyecto Multipropósito, las otras 6 comunidades no han emitido sus respuestas.

Entre las respuestas se encuentran intereses manifiestos que son los referidos al riego, como el mejoramiento del riego, tecnificación del riego y mejoramiento de canales. Otro grupo de relevancia es el referido al mejoramiento de la producción y del forraje.

### Oportunidades que se perciben hacia el proyecto Multipropósito

- ✓ Mejoramiento del riego, tecnificación y mejoramiento de canales.
- ✓ Mejoramiento de la producción y del forraje.

Del análisis precedente se concluye que solo Palcoco tiene una posición de desacuerdo con el Proyecto Multipropósito, situación que ya ha sido reflejada por el MMAyA en el documento citado.

#### 4.5.2.23 Desarrollo Social

Dentro del área de intervención se tienen diferentes Organizaciones No Gubernamentales que vienen ejecutando proyectos con las cuales se pueden realizar alianzas estratégicas especialmente en temas de capacitación y educación para promover una mejor gestión del agua.

Actualmente se tienen las siguientes organizaciones y los proyectos que ejecutan:

**Tabla 4.5-59 ONGs y proyectos en ejecución**

ONG	Proyecto en ejecución	Lugar
CARE	Adaptación al cambio climático y apoyo con la construcción de canal de riego	Comunidad Pariri.
PLAN INTERNACIONAL ALTIPLANO	Se encuentran trabajando en todo el municipio apoyando a las actividades relacionadas con la educación de los niños y niñas.	Municipio de Batallas
FAN	Proyecto de agua potable para la	Comunidad de Suriquiña.
ADRA	Proyecto de agua potable	Comunidad Cullucachi.
CARITAS	Agua potable	Comunidad Caluyo.
NUEVO NORTE	Pachamama Urupa Capacitación a los productores lecheros.	

Fuente: Ing. Blas Mamani, Director del Area Técnica del Municipio Batallas

En las poblaciones concentradas se encuentran brindando servicios de microcrédito las siguientes entidades financieras: DIACONIA FRIF, PRODEM, CRECER. (Fuente: Ing. Blas Mamani, Director del Area Técnica del Municipio Batallas).

#### 4.5.2.24 Uso actual del suelo

En base a la información cartográfica desarrollada por el Herbario Nacional (2013), se tiene como resultado que en la zona de estudio dentro del ámbito rural, se presentan los siguientes usos actuales del suelo:

**Tabla 4.5-60 Uso actual del suelo**

Uso actual de suelo	Area (Ha)	%
AFLORAMIENTO ROCOSO Y GANADERIA EXTENSIVA DE OVINOS	1.352,55	1,58
Agricultura Anual Extensiva (Alto Peñas Aynuqas)	2.706,56	3,16
Agricultura Anual Extensiva (Pampa Aynuqas)	4.147,65	4,84
Agricultura Anual Extensiva (Tuquia Aynuqas)	332,23	0,39
Agricultura Anual Extensiva y Ganadería Extensiva de Vacunos y Ovinos	7.199,61	8,41
Agricultura Anual Intensiva con cultivos de Alfa Alfa, Papa, Habas, Oca y Forraje de Cebada Avena	6.306,56	7,36
Cuerpo de Agua	938,99	1,10
ERIAL (SIN USO AGROPECUARIO)	8.534,79	9,97
Explotacion de áridos	343,38	0,40
Ganadería Extensiva de Llamas, Ovinos y Vacunos (Pradera de Scirpus, Stipa y Festuca)	19.735,30	23,05
Ganadería Extensiva de Ovinos, Vacunos y Llamas (Pajonal Chilliwär Denso)	7.351,07	8,58
Ganadería Extensiva de Ovinos, Vacunos y Llamas con Agricultura Complementaria (Pajonal Chilliwär Denso)	7.676,68	8,96
Ganadería Extensiva de Vacunos, Ovinos (Bofedales Estacionales)	2.191,64	2,56
Ganadería Intensiva de Alpacas Llamas y Ovinos (Bofedal permanente)	7,00	0,01
Ganadería Intensiva de Llamas, Ovinos y Alpacas (Pajonal de Festuca, Deyeuxia y Stipa)	1.983,40	2,32
Ganadería Intensiva de Ovinos, Vacunos y llamas en menor proporción (Bofedal con Riego Artificial)	1.775,92	2,07
Ganadería Intensiva de Vacunos, Ovinos, (Bofedal los Siempre Húmedos)	5.025,78	5,87
Ganadería Intensiva de Llamas, Alpacas, Ovinos (Bofedal los Siempre Húmedos)	1.041,55	1,22
Glaciar	6.984,84	8,16
<b>TOTAL</b>	<b>85.635,49</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia en base a mapa de uso actual del Herbario Nacional (2013)

De la tabla anterior, se extrae que el 23% del área de estudio esta destinada a un pastoreo extensivo de camélidos y ovinos, y corresponde a la cuenca alta de la zona de estudio (pastizal altoandino), la cual por sus extremas condiciones climáticas no son aptas para cultivos e incluso los más resistentes como la oca y la papa, no prosperan en estas zonas.

En este piso altoandino, es importante mencionar que los bofedales siempre húmedos promueven la intensificación del pastoreo en un área de 5.025,78 Ha. entre estos bofedales se tiene el de Hichu Khota.

Ya en la zona de influencia de los sistemas de riego (piso de Puna), el uso de suelo dominante es de agricultura extensiva combinada con ganadería extensiva de vacunos y

ovinos, que se presenta en la zona de Palcoco (Municipio de Pucarani), un gran porcentaje de esta área corresponde a las comunidades que ingresaron recientemente a la Asociación de riego Taypichaca - Palcoco.

La agricultura extensiva de ovinos, vacunos y llamas se presenta en una superficie de 7.351,07 Ha. en las llanuras de pie de monte de la Asociación de riego Tupac Katari.

En este piso ecológico de Puna, nuevamente se observa que la presencia de bofedales siempre húmedos intensifica el pastoreo de ganado ovino y bovino en una superficie de 5.025,78 Ha. Este uso se da en los alrededores de la población de Pajcha Peñas y en los alrededores de la comunidad de Yaurichambi y Pariri.

La agricultura anual intensiva es común en la zona baja del piso de puna, en las cercanías de Batallas y colindancias con el Lago Titicaca, muchas de estas áreas tienen riego deficiente por falta de mantenimiento de canales.

#### 4.5.2.25 Inventario de Vertientes

En el área del proyecto se ha podido evidenciar la existencia de vertientes, las mismas se encuentran identificadas en la tabla siguiente.

**Tabla 4.5-53 Vertientes dentro del área del proyecto**

Lugar	Coordenadas	
	Este	Norte
Batallas	557565.03	8197843.46
Yaurichambi 1	557499.27	8196322.35
Yaurichambi 2	557425.02	8196240.69
Yaurichambi 3	557336.96	8196062.60
Yaurichambi 4	557136.72	8195884.36
Chijipata Alta 1	548350.96	8194179.94
Chijipata Alta 2	547702.88	8193579.81
Pajcha Peñas	554958.00	8205511.00
Chaucha	557660.00	8188027.00
Chipamaya	561232.30	8188393.05

Algunas de estas vertientes se encuentran en su estado natural, es decir que no cuentan con ninguna obra de protección, tal como se muestra en la Foto 4.5-1 y 4.5-2, a su vez existen también otras vertientes que los comunarios realizaron trabajos de almacenamiento, este es el caso de la comunicad de Catacora tal como se muestra en la foto 4.5-3.

Ademas de las vertientes identificadas por CPM, en conversación con el Sr. Edgar Murga presidente de la asociación Palcoco nos informa de la existencia de otra vertiente de la comunidad de Pampacallo, a su vez el Sr. Hector Vargar impulsor de la Asociación de Tupack Katari, nos informo que existen 2 vertientes en Isquillani, 3 en Tuquia y una en Cruzani.



Foto 4.5-1 Vertiente sin protección en Yaurichambi.

Foto 4.5-2. Vertiente dentro de un predio en Yaurichambi, se encuentra contaminado.



Foto 4.5-3 Vertientes en Catacora, tiene la protección del enmallado y cuenta con tanque de almacenamiento.

#### 4.5.2.26 Inventario de familias afectadas

De acuerdo a las características del proyecto, la ejecución de obras civiles genera afectaciones a población cercana a las obras, dicha descripción de esta población se presenta a detalle en la Sección 7 Programa de Gestión Ambiental y Social, dentro del Plan de gestión y compensación social.

