



**Foto N° 4.2.5-61 Llanura del río Huallamayo, y sector Coporaque**

✓ Cerros

En ambas márgenes de la Altiplanicie están ubicadas los cerros elevados, el más notorio y próximo corresponde a la margen izquierda sector Coporaque, desde el final del cañón sector Macho Puente hasta la confluencia con el río Salado sector Santo Domingo.

En la margen derecha los cerros se inician desde el sector Mamani Huayta, alejándose de la cubeta hacia el interior del río Huallamayo, permitiendo una mayor extensión de la Altiplanicie hasta el lado Este de la localidad de Yauri (valle del río Salado).

✓ Lomadas

Geofoma ubicada al NE de la localidad de Yauri y antes del valle río Salado, se levanta suavemente una lomadas con relieve ondulada, alcanza altitudes de 4 000 a 4 200 msnm, se dispone a modo de franja y posición diagonal, con orientación general NO – SE, esta conformada por la formación Yauri con cobertura del depósito Aluvial con de arcilla arenosa.

## **F2. ESTRATIGRAFIA.**

La franja del río Apurímac desde el Embalse Angostura hasta la entrega al río Salado esta conformada por rocas sedimentarias del Mesozoico, rocas sedimentarias y lacustrinos del Cenozoico, afectadas por rocas intrusivas del Cretáceo – Paleógeno, las mismas son esquematizada en el Plano G-9 Geología de río Apurímac, las unidades representativas se resume en el siguiente Cuadro.

**Cuadro N° 4.2.5-3  
Columna estratigráfica -Embalse Angostura - Confluencia río Salado.**

ERAS	SISTEMA	SERIE	ROCAS SEDIMENTARIAS		ROCAS. INTRUSIVAS	
	Periodo	Epoca	Unidad	Símbolo	Unidad	Símbolo
C E N O Z O I C O	Cuaternario	Holoceno	Depósito Aluvial	Qh-al		
		Pleistoceno	Depósito Fluvioglacial	Qpl-fg		
			Formación Yauri	Qpl-y		
			Formación Garzas	Qpl-g		
	Neógeno		Formación Casanuma	N-ca	Tonalita/ Diorita	KP -to/di
			Formación Huaycha	N-hu		
			Formación Casa Blanca	N-cb		
			Formación Ichoiccollo	N-ich		
	Mesozoico	Cretáceo	Inferior	Formación Hualhuani	Ki-hu	

A continuación se describe las características litológicas de las unidades mencionadas, siguiendo el orden del más antiguo al moderno.

**a) Rocas Sedimentarias.**

- ✓ Formación Hualhuani (Ki-hu).

Descrito por Jenks W.F. (1 948) al Oeste de la localidad de Arequipa; los afloramientos ocurren al Norte del distrito Coporaque y margen izquierda del río Yauri, infrayace a la formación Pampa Garzas, esta cubierto parcialmente por el depósito Fluvioglacial, e intruida por Tonalita/Diorita.

Otro afloramiento ocurren en la parte media a alta de la microcuenca río Huallamayo (margen izquierda), infrayace a las formaciones Arcurquina, Huaycha y Pampa Garzas en discordancia angular, cubierta por depósito Fluvioglacial, e intruida por la Diorita, conformada por areniscas cuarzosas blanquecinas, grano grueso a medio, contiene clastos de cuarcitas; el espesor a nivel regional alcanza 100 m.

La secuencia sedimentaria no contiene restos de fósiles, solamente por relaciones estratigráficas del campo fue considerado como correspondiente al Cretáceo inferior, y se correlaciona con la formación Chachacomani de la Región Sur del país.



**Foto N° 4.2.5-62: Afloramiento de la formación Hua lhuani**

✓ Formación Arcurquina (Ki-ar).

Descrito por Jenks W.F. (inédito) a una secuencia calcárea expuesta en la quebrada Queñua, Oeste de Arequipa.

En la franja del río Apurímac los afloramientos ocurren en tres sectores, suprayacen a la formación Hualhuani e infrayace a las formaciones Huaycha y Pampa Garzas en discordancia angular, esta parcialmente cubierto con depósito Fluvioglacial, e intruida por Diorita. Esta conformado de calizas gris azuladas de aspecto masivo, en estado recristalizado y marmolizado con manchas verdosas debido al óxido de cobre (Hacienda Chalhuanca).

La presencia de fauna fosilífera como foraminíferos y tintinados, ha permitido asignar la edad al Cretáceo inferior (Aptiano inferior – Turuniano).

Se correlaciona con las formaciones Ferrobamba, Chúlec, Pariatambo.

✓ Formación Ichoccollo. (N-ich).

Se denomina a la última fase del vulcanismo Tacaza, el nombre fue tomado del cerro Ichoccollo (Sub-Región Caylloma).

El mayor afloramiento ocurre en los márgenes del río Apurímac, infrayace a la formación Pampa Garzas en discordancia angular, parcialmente cubierto con depósito Aluvial (cauces); constituidos por: lavas y domos dacíticos, lavas andesíticas, a lavas basálticas, con texturas afaníticas y porfiríticas, contiene brechas andesíticas.

La edad fue determinada en 19,1+ 0,3 y 18,9 + 0,4 m.a. (mina Caylloma), atribuyéndose al Mioceno.

Se correlaciona con la formación Pisco y las homónimas existentes en el Sur del país.

✓ Formación Casa Blanca (N-cb).

Descrito por N. De la Cruz B. (1 995) a los afloramientos habidos en la Cordillera Laramani (Sub-Región Canchis).

Afloramiento de menor extensión localizada en ambas márgenes del río Yauri próximo a la confluencia con el río Salado, cubierto parcialmente con depósito Fluvioglacial (cauce) e intruida por la Diorita.

La litología es conglomerádica y lacustrina variando hacia los lados, el lado Oriental contiene tobas cineríticas que el lado Occidental más arcillosa y conglomerádica; esta variación se debe probablemente al levantamiento tectónico diferencial.

La secuencia no posee fauna fósil, la edad fue definida en base a la posición estratigráfica como correspondiente al Neógeno.

✓ Grupo Barroso

Esta unidad, está ampliamente distribuida, en los cuadrángulos de Velille y Yauri, las tobas y lavas fueron los primeros en manifestarse, a los cuales se ha denominado como formaciones Huaycha y Casanuma.

#### ***Formación Huaycha (N-hu).***

Nombre proveniente del cerro Huaycha, habida en la Sub-Región Espinar (Yauri). Amplios afloramientos se exponen en el sector Mamani Huayta (margen derecha del río Apurímac), suprayace a las formaciones Hualhuani, Arcurquina e Ichocollo en discordancia angulares, infrayace a la formación Casanuma en contacto concordante y formación Yauri en discordancia angular.

Conformada de tobas rosadas, blanquecinas, tobas dacíticas colores rosados a marrón, tobas limolíticas de grano fino, y aglomerado brechoide con matriz piroclástico blanquecino a grisáceo; el espesor total alcanza a 210 m en la localidad típica.

La secuencia litológica no contiene fósil, y en base a la edad radiométrica se ha atribuido al Neógeno.



**Foto N° 4.2.5-63: Formación Huaycha en su nivel su perior (Río Huallamayo)**

***Formación Casanuma (N-ca).***

El afloramiento de esta unidad, ocurre al SO de la confluencia de los ríos Apurimac y Salado, suprayace a la formación Huaycha en contacto concordante, e intruida por la Diorita. Esta constituida por flujos lávicos y tobáceos; en los afloramientos del cerro Ancollo y laguna Huarmicocha existe una sucesión de lavas andesíticas porfiríticas, color negro grisáceo escoria, y presentan estructuras bandeadas. Los principales minerales son: plagioclasas, augitas y olivino.

✓ **Formación Pampas Garzas (Qpl-g).**

Término proveniente de la Pampa Garzas localizado en la Pampa de Yauri margen derecha.

Existe amplia exposición desde próximo al límite regional hasta el sector Macho Puente (final del cañón), suprayace a la formación Ichocollo, con coberturas parciales del depósito Aluvial.

Consiste en tobas que gradan de cristalovítricas a vítricas, textura eutaxítica, gris claro con tonalidad rosada y matriz afanítica, grano medio a fino; los análisis realizados en el microscopio se distinguen minerales accesorios, secundarios y principales, así como las alteraciones: sericitización, epidotización, argilización y limonitización débil.

Esta unidad, es equivalente con la formación Sencca del Cuadrángulo Caylloma.

En base a la fauna de microfósiles encontrados en la formación Yauri (unidad suprayacente) se ha considerado como correspondiente al Pleistoceno.



**Foto N° 4.2.5-64: Formación Pampa Garzas, sector Macho Puente, modelado por el drenaje del río Apurimac**

✓ Formación Yauri (Qpl-y)

Denominado por Audebaud E. (1973) en la subregión Canchis (Sicuani), posteriormente Klink B.A. (inédito) a descrito a los depósitos lacustrinos en la cuenca de Yauri.

Existe amplia exposición en la Pampa de Yauri, suprayace a las formaciones Hualhuani, Arcurquina, Huaycha, Pampa Garzas, Casanuma e Ichocollo, esta cubierto parcialmente por el depósito Fluvioglacial.

Conformado de tobas areniscosas y conglomerados lenticulares fluviales, gris blanquecinos, dispuestos en capas delgadas, muestran estructuras de slumping, en los niveles superiores existen intercalaciones con calizas. El espesor alcanza 235 y 236 m en dos secciones.

Se ha identificado frústulas de diatomeas depositados en ambiente continental lacustrino, con bajo índice de salinidad (< 2 gr/l) y cierto contenido de sílice, por lo que fue atribuido al Pleistoceno.

Esta unidad es equivalente a las cuencas lagunares de Polobaya (Arequipa), Aricota (Tacna y Moquegua), Huamanga (Ayacucho), entre otros.

✓ Depósito Fluvoglacial (Qpl-fg)

Las exposiciones de esta unidad ocurren en la llanura de Yauri por ambos márgenes, como una cobertura a las unidades anteriores en discordancia angular.

La litología es generalmente polimíctica, integrado por clastos volcánicos, sedimentarios e ígneos en mayor proporción, con tamaños variables y matriz granular; esta cubierto por capas de suelo húmico con espesor de 0,50 cm.

✓ Depósito Aluvial (Qh-al)

Esta unidad sirve de cobertura parcial a las formaciones Ichocollo, Pampa Garzas y formación Huaycha solamente en los cauces.

Constituido de materiales polimicticos, con tamaños variables, desde arcilla hasta gravas, y moderadamente clasificado.

✓ Rocas intrusivas

Los afloramientos de rocas ígneas, forman pequeños geformas aisladas en la margen izquierda y cauce del río Yauri, hasta la confluencia con el río Salado, consistente de Tonalitas y Dioritas.

Al Norte del distrito Coporaque la Tonalita es de color gris blanco a gris claro, con presencia de fenos, y cristales negros (hornblenda y biotita).

Estudios realizados al microscopio, ha determinado la presencia de plagioclasas (fenos) con tamaños de 4 mm ( $\pm$ ), cuarzo anhedral e intersticial, fenos subhedrales de biotita y hornblenda, feldespato potásico cloritizado, carbonatado y epidotizado; habiéndose clasificado como Tonalita.

Parte de los afloramientos de los cerros alineados de la margen izquierda y aguas abajo corresponden a la Diorita, color gris claro, grano grueso con fenocristales, cuarzo alotriomórfico, biotita y feldespato potásico (menor porcentaje) que rellenan los intersticios, la augita se encuentra alterada, la hornblenda y biotita se localizan en los bordes; los minerales accesorios (apatita, zircón y magnetita) se presentan en cristales grandes.

### **F3. TECTONICA**

La deformación del área en estudio es el resultado de los esfuerzos compresivos y distintivos ocurridos durante las fases tectónicas, los cuales afectaron a las rocas sedimentarias de los sistemas Jurásico – Cretácico, y Terciario, así como existen manifestaciones de intrusiones ígneas; habiéndose determinado tres unidades o dominios estructurales: Cuenca Yura, Alto de Yauri y Altiplano, las dos últimas están ubicados fuera del área de la cuenca ecológica del río Apurimac.

a) Cuenca Yura.

Este dominio estructural es de amplia extensión, conformado por rocas sedimentarias del Sistema Jurásico – Cretáceo, principalmente la formación Hualhuani (grupo Yura).

Otras unidades estructurales del mismo sistema como las formaciones Velille y Puca Puca están ubicadas fuera del área ecológica, los cuales están cubiertas parcialmente con derrames volcánicos e intruida por rocas ígneas como las que se presenta en la unidad minera Tintaya (fuera del área).

Dentro del área ecológica se reconocen dos sistemas de fallas con rumbos NO-SE y SE-SO asociados a otros de menor magnitud (locales) con inclinaciones de 40° y 70°.

En los límites Este y SE del área ocurren plegamientos conspicuos y simétricos con buzamientos suaves ( $10^\circ$  y  $20^\circ$ ), y afectan a los grupos Tacaza y Barroso.

#### **F4. RIESGOS NATURALES**

##### **Procesos de Geodinámica Externa.**

- ✓ Desarrollo de Cañones

El primer tramo del río Apurímac a partir del límite regional (Arequipa-Cusco), se desarrolla en la formación Pampa Garzas equivalente a la formación Sencca (última fase), con litología consistente de dacitas blanquecinas, medianamente compactas, cuya exposición culmina un poco más del sector Macho Puente, tramo en el cual el drenaje tanto del río Apurímac como los afluentes secundarios de ambos márgenes han generado disecciones en formas de cañones estrechos, poco profundos, en forma de una “U”.

Los procesos de erosiones hidráulicas habrían ocurrido durante el final del Pleistoceno (fase de deglaciación), cuando la dacita se encontraba aún poco consolidada, sobre la cual se habría asentado las nieves, la disolución de la misma los mantenía saturados y con flujos de agua persistentes, habiendo erosionado intensamente en todos los cursos de agua principales y secundarios.

En la siguiente Foto se muestran el relieve superficial de la dacita así como la sección de los cañones en las confluencias al curso principal.



**Foto N° 4.2-65: Río Angostura antes de la confluencia al río Palcamayo**



**Foto N° 4.2.5-66: Río Angostura aguas abajo de la confluencia río Palcamayo**



**Foto N° 4.2.5-67: Proceso de incisión en la formación Pampa Garzas: río Culcuyo en la recta del río Apurímac.**



**Foto N° 4.2.5-68: Curso del río Culcuyo sector Suy cutambo.**



**Foto N° 4.2.5-69: Confluencia del río Angostura al río Culcuyo**



**Foto N° 4.2.5-70: Quebrada afluente de la margen i izquierda**



**Foto N° 4.2.5-71: Otra quebrada afluente, margen i izquierda**



**Foto N° 4.2.5-72: Siguinte quebrada afluente, mar gen izquierda**



**Foto N° 4.2.5-73: Quebrada afluyente, margen derecha**



**Foto N° 4.2.5-74: Quebrada afluyente, margen derecha**



**Foto N° 4.2.5-75: Quebrada afluyente, margen derecha**



**Foto N° 4.2.5-76: Quebrada afluyente, margen derecha a**



**Foto N° 4.2.5-77: Proyecto Irrigación, etapa de obra (plataforma y entubado)**



**Foto N° 4.2.5-78: Quebrada afluyente, margen derecha (sector Mamani Huayta)**



**Foto N° 4.2.5-79: Cauce del río Yauri aguas abajo de la confluencia del río Huallamayo**



**Foto N° 4.2.5-80: Puente sobre el río Yauri para C oporaque**



**Foto N° 4.2.5-81: Confluencia del río Apurimac al río Salado**



**Foto N° 4.2.5-82: Resto arqueológico sobre el río Salado antes de la confluencia, deteriorado, abandonado, falta de conservación y mantenimiento.**

✓ Inundaciones.

En la margen derecha del río Yauri, desde la confluencia de dos ríos afluentes entre ellos el Huallamayo, existe una franja con indicios de haberse inundado varias veces y en épocas diferentes, con ancho promedio mayor a 500 m y longitud de varios kilómetros alcanzando hasta el Puente carretero hacia Coporaque.

Actualmente, cuenta con defensa ribereña en el lecho derecho, mediante el enrocado mezclados con agregados, para mitigar los posibles nuevas inundaciones por reboce de la berma durante las épocas de avenidas.

El dique también sirve como medio de protección, además permite el cultivo de cereales en dicha franja, aunque el área es vulnerable con las nuevas avenidas.

## **G. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **G1. Conclusiones**

- De los resultados del reconocimiento geológico efectuado de la zona de la presa Angostura y de la revisión de la información del proyecto, se concluye que los estudios básicos relacionados con los aspectos geomorfológicos, litológicos, estructurales y geotécnicos deberían ser ampliados, teniendo en cuenta la altura y la envergadura de la estructura hidráulica proyectada.
- El área de la Depresión Caylloma durante el Plioceno a Pleistoceno fue una laguna glaciar, su drenaje probablemente es consecuencia de los movimientos tectónicos en la región, que habrían generado fisuras (grietas) los cuales fueron aprovechados para la fuga de las aguas de la laguna, luego por efecto del sistema de fracturamiento NE – SO y la erosión habría dado lugar a la formación del actual “Cañón en el río Angostura” y/o Apurimac.
- El Proyecto hidráulico consiste en embalsar las aguas nuevamente en la misma área de la antigua laguna, mediante una presa que esta proyectada construir en el “Cañón Angostura” y a 240 m de la Línea de Caldera Caylloma.
- El “Cañón Angostura” donde se proyecta la presa, esta modelada en rocas de la formación Ichiccollo y su cauce no esta afectada por fallamientos.
- En el estribo izquierdo y aguas arriba del Huaro existe una falla denominada Chillatira, que afecta solamente a la formación Ichoccollo (miembro superior), probablemente alcance a la formación Pusa, pero no afecta al grupo Barroso, consecuentemente en el peor de los casos esta falla tendría una edad de 2,5 m.a.
- En la Depresión Caldera Caylloma se encuentra la formación Pusa e implica que estos depósitos lacustrinos ya existían antes del grupo Barroso y podrían pertenecer a facie de la formación Sencca.
- El “Cañón Angostura” en el futuro podría ser influenciado por movimientos tectónicos regionales, dado que el área esta dentro de la zona volcánica por excelencia.
- En los estudios de AUTODEMA, con respecto al riesgo sísmico, hace referencia a una aceleración pico de 0,24 g, valor que debería confirmarse; pues es necesario determinar el valor más óptimo, si tiene en cuenta, que el Proyecto, se encuentra en una zona volcánica, así como cerca de la subsidencia tectónica de la Línea de Caldera (Plioceno) reciente, que podría reactivarse.

- Cualquier falla en la operación de la presa, podría generar desastres en ambos extremos del Proyecto; en el lado Este o aguas abajo generaría un aluvión que destruiría caseríos, estructuras viales y de riego e inundaría las pampas de Yauri (margen derecha).
- La falta de mayores recursos hídricos en el área de Arequipa dificultaría la ampliación de la frontera agrícola energética.
- Durante el reconocimiento geológico de campo, se ha determinado que en el área cercana al Proyecto, existen canteras de tierra, aparentes para la construcción de estructuras con este material (presa de tierra).
- El área del Proyecto se halla próximo a la zona de Subducción, donde las placas tectónicas descargan la energía acumulada en forma gradual y/o violenta, por el cual este tipo de riesgos debe ser tomado en cuenta.

## **G2. Recomendaciones**

- Se recomienda ampliar las evaluaciones geológicas y geo-estructurales de ambos estribos donde se va construir la presa, incluido la falla Chillatira a fin de garantizar la impermeabilidad de la estructura de cierre.
- La presa Angostura está proyectada en una zona volcánica, donde los movimientos telúricos son frecuentes y debe ser construida con alto riesgo sísmico, por tanto se recomienda actualizar el estudio de sismicidad regional, que determine zonas sísmicas, parámetros sísmicos, aceleraciones máximas, coeficientes sísmicos (g), las atenuaciones si las zonas sísmicas son externas, así como el cálculo del riesgo sísmico para diferentes periodos de vida útil de las obras.
- En consideración a las condiciones y características geológicas, geo-estructurales, sísmicas del área de emplazamiento de la presa, se recomienda instalar Estaciones Sismográficas. Estos registros permitirán evaluar el comportamiento dinámico de los materiales en el área.

#### 4.2.6 Hidrogeología

Como parte del programa de investigaciones de campo para la elaboración de la línea base ambiental del EIA de la Represa Angostura, Cesel S.A. realizó una evaluación hidrogeológica dentro del área de influencia del Proyecto Angostura, circunscrita dentro de las coordenadas 217 000 E y 8 321 000 N a una altitud entre 4 100 a 4 800 msnm, abarcando la confluencia de los ríos Apurímac y Hornillos, comprendiendo las áreas del embalse de las pampas de La Calera en el río Apurímac y las de Pusa Pusa en el río Hornillos.

El periodo de la evaluación corresponde a la época de estiaje, donde las precipitaciones son mínimas, disminuyendo significativamente las descargas.

##### A. Objetivo

- Evaluar los potenciales acuíferos en el área de influencia, con la finalidad de conocer su comportamiento de las aguas subterráneas y su dirección de flujo.
- Inventarios de las principales fuentes de agua subterránea en el área del Proyecto.
- Determinar cualitativamente las zonas de recarga y descarga.

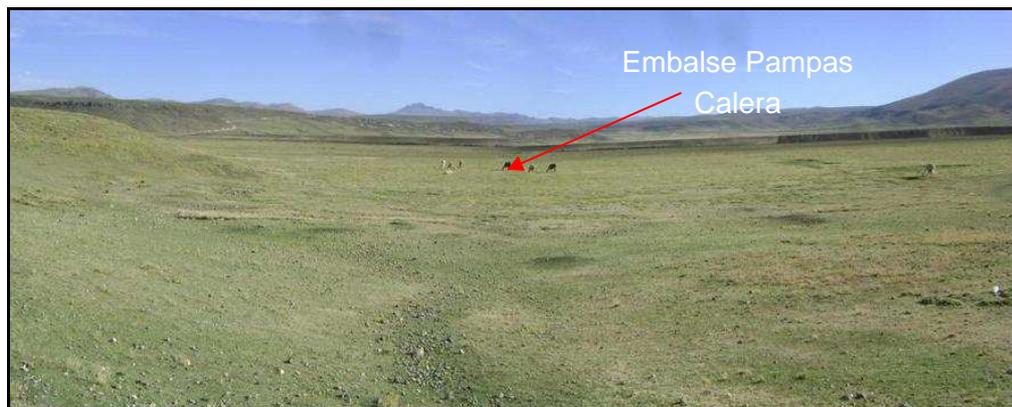


Foto N° 4.2.6-1: Vista panorámica del Embalse Pampas Calera.

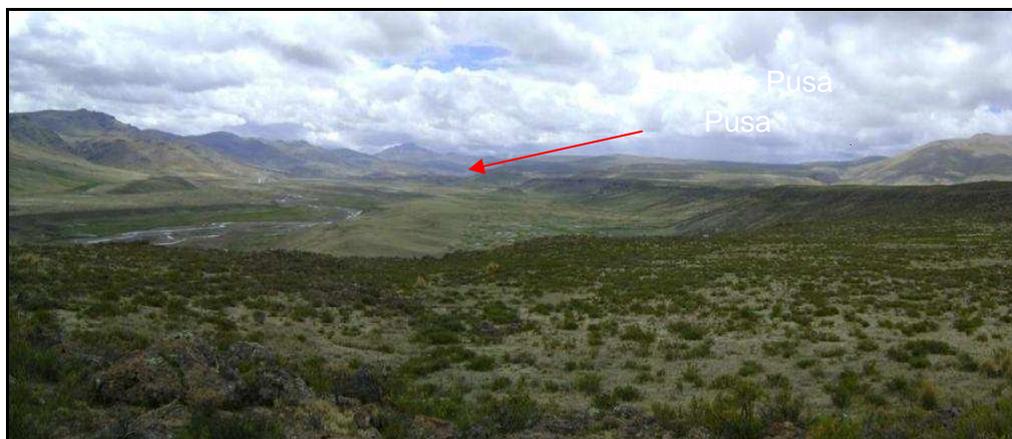


Foto N° 4.2.6-2: Vista panorámica del Embalse Pusa Pusa.

## **B. Metodología Empleada**

El reconocimiento hidrogeológico ha tomado en cuenta los aspectos geológicos, geomorfológicos, así como el inventario de las fuentes de agua subterránea en sus distintas manifestaciones, los cuales han sido evaluados para la interpretación conceptual del comportamiento de las aguas subterráneas dentro del área evaluada.

Para la evaluación hidrogeológica se utilizó la información geológica existente, relacionándola con las interpretaciones de las secciones hidrogeológicas utilizadas para la determinación de espesores de las capas del subsuelo y para la estimación de la presencia de un acuífero saturado.

## **C. Inventario de Cuerpos de Agua Subterránea**

El agua subterránea en el área de estudio está evidenciada por la presencia de manantiales aislados, que se presentan en las laderas de los cerros y bordes de quebradas, por ruptura de pendientes asociados a estructuras geológicas. Durante el presente estudio, se han inventariado todas las fuentes de agua subterránea presentes en la zona.

De este modo, se han reconocido dos tipos de manantiales: termales y de agua natural, Las agua termales son de origen magmático, es decir cuya formación obedece a las reacciones químicas que ocurren en el interior de la Tierra, que originan vapores y que se van condensando para formar agua caliente que sale a través de la falla limitada por la caldera volcánica. Este tipo de aguas termales han sido registradas en la quebrada Coñic Mayo con el código M-01, quebrada Chila Mayo con el códigos M-02 y en la margen derecha del río Hornillos con el código M-03 que registran un flujo que varía de 1,5 y 3,0 l/s. (Ver fotografías 4.2.6-3, 4.2.6-4 y 4.2.6-5).

Los Manantiales no presentan estructura de captación, han sido registrados en la quebrada Unculle con el código M-04 y en el sector Humajala con el código M-05 y registran un flujo que varía de 2,8 y 6,5 l/s respectivamente. (Ver fotografías 4.2.6-6 y 4.2.6-7).

El tipo de terreno en que afloran estos manantiales corresponde a rocas volcánicas y coberturas cuaternarias de depósitos fluvioglaciares, observándose zonas húmedas entre las Formaciones volcánicas de la Formación Pusa en contacto con el cuaternario en las márgenes de la zona de inundación Pusa Pusa. La ubicación de los manantiales se presenta en el Plano N° CSL-096200-1-HG-02, empleando el Datum de coordenadas PSAD 56; Las características físicas químicas se aprecian en el Cuadro 4.2.6-1.

**Cuadro 4.2.6-1**  
**Inventario de Manantiales**

Manantial	Coordenadas UTM		Caudal l/s	pH	T (°C)	Conductividad ( $\mu S$ )	Sólidos en Suspensión	Ubicación
	Este	Norte						
M-1	206 028	8 323 338	2,50	7,35	36,8	>4000	>2000	Margen Derecha Qda. Coñic Mayo
M-2	213 984	8 322 068	1,50	7,73	39,2	>4000	>2000	Margen Derecha Qda. Chila Mayo
M-3	218 847	8 315 374	2,00	8,40	37,9	1856	946	Margen Derecha Río Hornillos
M-4	204 017	8 317 542	6,50	7,84	17	58	31	Margen Derecha Qda. Unculle
M-5	196 492	8 307 315	2,80	7,92	18,2	62	42	Sector Humajala

Fuente CESEL S.A



**Foto N° 4.2.6-3: Punto de Aforo Manantial Termal Coñic Mayo, Manantial M-1**  
**ubicado en la Margen Derecha, Quebrada Coñic Mayo. Caudal 2,5 l/s**



Foto N° 4.2.6-4: Punto de Aforo Manantial Termal Senjoyo, Manantial M-2 ubicado en la Margen derecha, Quebrada Chila Mayo. Caudal 1,5 l/s.



Foto N° 4.2.6-5: Punto de Aforo Manantial Termal, M-3 ubicado en la Margen Izquierda del Río Hornillos. Caudal 2,5 l/s.



Foto N° 4.2.6-6: Punto de Aforo Manantial M4- ubicado en la Margen Derecha de la Qda. Unculle. Caudal 6,5 l/s.



Foto N° 4.2.6-7: Punto de Aforo Manantial M5- ubicado en Sector Humajala. Caudal 2,8 l/s.

#### D. El Acuífero Local

El relieve de la zona de estudio presenta huellas de modelado glaciar durante el pleistoceno, cuyas geoformas han constituido depresiones cerros y colinas que están interceptados por quebradas.

La evaluación de campo, los aspectos geológicos geomorfológicos e hidrológicos han coadyuvado a definir el acuífero y las principales fuentes de alimentación de las aguas subterráneas, las zonas principales de recarga y descarga y las estructuras geológicas por donde circulan las aguas subterráneas.

Se ha podido caracterizar 2 tipos de acuíferos, la primera correspondería a los acuíferos fisurados de las Formaciones geológicas y el segundo grupo es el acuífero poroso no consolidado constituido por sedimentos cuaternarios recientes y principalmente por depósitos aluviales y fluvio-glaciares, ubicados mayormente en los embalses de Pampas Calera y Pusa Pusa, ambos ubicados en el área de influencia.

La infiltración hacia el macizo rocoso es por las fracturas alimentadas por las aguas provenientes de las precipitaciones de lluvias estacionales y nieves temporales (Ver Plano N° CSL-096200-1-HG-01).

- **Características del Acuífero Sedimentario**

Está constituido por los depósitos de fluviales, aluviales y fluvio-glaciares que se encuentran cubriendo parte del área investigada de Pampa Calera y Pusa Pusa, los flancos de las quebradas que absorben la escorrentía superficial y se infiltran en las rocas, constituidos por la mezcla de gravas heterométricas, (arenas, limos y arcillas), que sobreyace a las Formaciones volcánicas son identificados como tobas lapilli y andesitas.

Las características del acuífero sedimentario de acuerdo a las pruebas de infiltración realizadas en campo en las capas sedimentarias de los depósitos no consolidados determinadas, presentan permeabilidad de baja a media. En las secciones Hidrogeológicas del Plano N° CSL-096200-1-HG-01 se muestran que los espesores obtenidos varían con la profundidad.

- **Características del Acuífero Fisurado**

Está conformado por las estructuras de las rocas consolidadas aflorantes, que a través de sus fracturas, constituyen el acuífero que almacena agua proveniente de las fuentes de alimentación. La presencia del acuífero fisurado de porosidad secundaria se presenta en las Formaciones andesíticas y dacitas que sobreyacen al estrato impermeable de lapilli y secuencias arcillosas en el sector del embalse. Se han acumulado los mayores depósitos sedimentarios fluvio aluviales hacia el sector más bajo y central del embalse.

El espaciado, la orientación y el tamaño de las aberturas en las fracturas del macizo rocoso contribuyen a proporcionarle al macizo rocoso mayor permeabilidad.

## **E. Unidades no Acuíferas**

La Formación Pusa, debido a la litología de secuencias alternadas de lapilli, aglomerados de derrames lávicos y tobas andesíticas con intercalaciones de estratos arcillosos se puede considerar como Unidades no acuíferas.

En el Cuadro N° 4.2.6-2, se presenta la clasificación de acuerdo a las normas internacionales de la Internacional Association of Hydrogeologists en 1995, las características de las unidades geológicas de acuerdo a su condición acuífera y valoración de permeabilidad y capacidad de infiltración, que fue obtenida a partir de observaciones de campo, cuya distribución espacial se presenta en Plano N° CSL-096200-1-HG-03.

**Cuadro N° 4.2.6-2**  
**Clasificación hidrogeológica del área del proyecto Angostura**

Clasificación Hidrogeológica	Características del reservorio	Formaciones geológicas	Permeabilidad		Capacidad de Infiltración
			K: (cm/s)	Calificación	
Acuífero fisurado	Acuíferos potenciales	Grupo Barroso Formación Ichicollo	1 E-5	Poco Permeable	Mediana Pobre
Acuitardo	Almacena y transmite muy lentamente	Dep. Fluvioglaciares Dep. Aluviales	1 E-3	Poco permeable	Pobre
Acuífugo	No almacena, no transmite	Formación Pusa Formación Senca.	1 E-7	Impermeable	Muy pobre

#### **F. Acuífero Regional**

El esquema de flujo de agua subterránea se basa en la campaña de campo realizada el mes de Diciembre del 2009. Donde se establece que la principal fuente de alimentación son las lluvias estacionales que son más intensas por la posición altitudinal del Proyecto Angostura.

El drenaje principal que se ha desarrollado en la zona de estudio es de tipo dendrítico con zonas que recargan la parte alta por la presencia de bofedales y lagunas sobre los 4 500 msnm. La zona de estudio los principales alimentadores permanentes de los escurrimientos superficiales son las aguas del río Apurímac y Hornillos.

El principal acuífero es el que ocurre en las Formaciones rocosas volcánicas, aunque es muy probable que no exista pérdida de agua por filtración a través de las Formaciones debido a su escasa permeabilidad. La infiltración de agua de lluvia se produce a través de las fracturas y por los planos de fracturamiento. En los suelos poco permeables la infiltración es el contacto con el acuífero Pusa.

La mayor parte del agua de escorrentía superficial es evacuada de las cuencas a través de la red de drenaje. La cuenca no recibe un aporte de cuencas vecinas de modo natural.

#### **G. Sensibilidad de los acuíferos frente al proyecto**

En el desarrollo del presente estudio hidrogeológico se han inventariado acuíferos fisurados que permiten el escurrimiento de agua subterránea de modo perenne y continuo en la quebrada Unculle y el sector Humajal, estas fuentes están ubicadas fuera del área de

influencia directa del Proyecto Angostura, en los dos sectores, la cubeta superficial de la presa presenta manantiales termales bordeando el límite superior del embalse, en la quebrada Chila Mayo y la margen derecha del río Hornillos.

El área donde se construirá la presa, en la actualidad, dichos afloramientos rocosos se hallan secos y no discurre agua en ellos; otro factor que coadyuva a esto es la ubicación topográfica de estas geoformas que se hallan cerca de la línea de cumbres.

En el aspecto estructural local, no presenta fracturas y/o diaclasas profundas, capaces de conducir agua. No se han observado zonas húmedas o señales de infiltración en la parte baja donde se construirá el dique.

Lo que podemos concluir es que debido a que la presa descansa sobre un piso de fondo lacustre y sedimentos litificados, se garantiza su impermeabilización, lo que indica que no se producirán filtraciones en el embalse.

#### **H. Zonas de Recarga**

En relación a la recarga natural, la alimentación de las aguas subterráneas se producen por la infiltración de aguas de escorrentías, provenientes de las precipitaciones pluviales estacionales con mayor grado en los depósitos sedimentarios de origen fluvio-glaciar que las infiltraciones en las fracturas de Formaciones rocosas subyacentes: Mayormente las zonas vulnerables de recarga se encuentran relacionados a cauces de quebradas y laderas de baja pendiente, abarcando desde las cabeceras de la cuenca del río Apurímac, hasta la confluencia de los ríos Apurímac y Hornillos, cubiertas de depósitos cuaternarios, como se muestra en el plano CSL-096200-1-HG-02.

#### **I. Zonas de Descarga**

La descarga natural permanente de agua que aflora a superficie se produce a través de los manantiales y surgencias termales. Dichas descargas de la escorrentía subterránea están relacionadas a zonas hidromórficas, como bofedales, como se muestra en el plano CSL-096200-1-HG-02.

#### **J. Bofedales**

Los bofedales en el área de influencia del proyecto, se encuentran comprendiendo las áreas del embalse de las pampas de La Calera en el río Apurímac y las de Pusa Pusa en el río Hornillos mayormente.

Por su ubicación geográfica, situada a 4 150 – 4 250 msnm, presentan zonas hidromórficas naturales y permanentes. Las aguas superficiales y las aguas de lluvia son la fuente de alimentación durante los meses de octubre a marzo mientras que entre los meses de abril a septiembre éstas son mínimas. Con la formación del espejo de agua del represamiento, se perderán 1 600 ha de áreas hidromórficas aproximadamente, y que representa el impacto negativo de mayor significancia que ocasionará el Proyecto.

## **K. Reservas de Agua Subterránea**

Debido a las características de permeabilidad se ha considerado a los depósitos inconsolidados asociados a la red de drenaje, como fuente de agua subterránea de flujo intergranular. Según las características geométricas de la mayor parte de estos acuíferos pueden ser clasificados como localizados.

El acuífero cuaternario tiene sus límites laterales y de fondo que pueden ser recargados localmente, Con la información geológica geomorfológica se ha calculado las potenciales reservas totales del agua subterránea en la zona de recarga entre la Qda. Lama Mayo y la Qda. Pullumayo para la Provincia de Caylloma, considerando conservadoramente las 1 100 hectáreas y el espesor promedio del depósito fluvio glacial en 20 m. Si consideramos que el coeficiente de almacenamiento para este tipo de acuíferos es 5% obtendríamos:

$$RT = A \times h \times S \quad (1)$$

De donde:

RT = Reserva Total de Agua Subterránea; A = área de la superficie considerada para el acuífero evaluado; h = espesor promedio del acuífero y S = Coeficiente de Almacenamiento.

Reemplazando en (1): RT = 11 MMC

## **L. Posibles Impactos potenciales en su ámbito indirecto e indirecto**

Los posibles impactos potenciales significativos en el represamiento de agua en la presa tendría como resultado apariciones de nuevas zonas de descargas manifestándose por manantiales originadas de las presiones laterales ejercidas por el agua represada, donde la vía de circulación subterránea estaría constituida por las fracturas de las rocas, donde el movimiento del agua subterránea en este medio sería muy lento y de bajo caudal. Por consiguiente aumentaría el nivel freático en el entorno del dique, indirectamente aguas abajo del dique las zonas de recarga como bofedales se verían afectados por el aumento del nivel del agua si se diera la interconexión de las aguas subterráneas no aflorantes en superficie.

Como una recomendación técnica de verificación de las propiedades hidráulicas tendría que realizarse perforaciones orientadas a determinar la conductividad del macizo rocoso, e instalarse piezómetros como puntos de monitoreo del nivel del agua antes de la construcción.

## **M. Conclusiones**

- La caracterización Hidrogeológica ha permitido diferenciar 2 tipos de acuíferos. Un acuífero constituido por los depósitos sedimentarios no consolidado del cuaternario y el segundo acuífero que corresponde a los acuíferos fisurados relacionado a las formaciones rocosas.
- Con respecto al área del embalse Angostura, la revisión de la información existente, y los trabajos de campo realizados en diciembre del año 2009, indican una baja permeabilidad del fondo lacustre, el cual estaría conformado por sedimentos litificados que darían condiciones de alta retención de agua en el embalse cuando se construya el dique.

## **4.3 Medio Biológico**

### **4.3.1 Generalidades**

El presente estudio tiene como propósito determinar la dinámica o el comportamiento de las comunidades biológicas que se desarrollan en la zona de influencia del proyecto en un tiempo dado; con la finalidad de identificar las implicancias de la realización de la construcción de la Presa Angostura, así como la determinación a nivel preliminar del caudal ecológico asignado durante la etapa de operación.

La información obtenida en el presente estudio, será fuente primordial o elemental para definir el grado de sensibilidad ante los posibles impactos, de modo que habría que puntualizar métodos de remediación o mitigación de los posibles daños en el equilibrio ecológico como consecuencia de las actividades operacionales del proyecto.

El objetivo de la descripción biológica del área del proyecto es la determinación de las interrelaciones entre los componentes que conforman los ecosistemas y hábitats presentes en la zona de estudio, de este modo interpretar cómo éstas pueden verse afectadas.

#### **Campañas de Evaluación**

Se programo 2 campañas de evaluación biológica durante la época de lluvias en el área de influencia del estudio, que a continuación se detalla:

##### **1° Campaña**

La primera campaña se realizó en las fechas del 6 al 14 de diciembre del 2009. La evaluación biológica consistió en el reconocimiento e identificación de las unidades ecológicas, recursos naturales y sus principales formaciones vegetales. Asimismo, se procedió a elaborar un informe preliminar de la caracterización e inventario de la biota durante la temporada húmeda en el área de estudio. En el campo se comprobó que este aun no se había iniciado por lo que se puede considerar como datos de temporada de estiaje.

##### **2° Campaña**

La segunda campaña se realizó en las fecha del 18 al 22 de enero del presente año. En esta segunda campaña se considera como complementación del monitoreo de la temporada de lluvias en donde se realizó además la supervisión y evaluación de los principales componentes del área de estudio, participando en ella las autoridades de los Gobiernos Regionales de Cusco y Arequipa entre los que se tiene a la Bióloga Berioska Quispe especialista del área de Medio ambiente del Gobierno Regional de Cusco, la Autoridad Nacional del Agua con los Ing. Guillermo Vilchez y Ing. Forestal Patricia Gaita. Asimismo, se menciona que las condiciones climáticas eran totalmente distintas a la

campana anterior: presencia de alta nubosidad, precipitaciones pluviales continuas, aumento notable del caudal del río Apurímac, desarrollo de cobertura arbustiva, etc.

Se hace la aclaración que los trabajos de campo de las 2 campañas de evaluación han sido ejecutados iniciando la temporada Húmeda (mes de Diciembre – Enero).

Los puntos de muestreo tomados en las dos campañas se consideran suficientes para el tiempo previsto de duración del estudio, según los Términos de Referencia. Con ello se ha logrado caracterizar el tipo de formaciones vegetales de cada área fisiográfica y por ende de la zona de vida.

#### **4.3.2 Zona de vida**

Durante el trabajo de campo se identificaron formaciones vegetales, fauna, de ambientes terrestres como acuáticos. Así como la temperatura, relieve y altitudes presentes en la zona del presente estudio. Asimismo esa información se comparó con el Mapa Ecológico del Perú Escala: 1/360000 (INRENA, 1996), específica para la zona en estudio.

Se ubicaron en el departamento de Arequipa las siguientes zonas de vida: Nival Tropical (NS), estepa montano- subtropical (e-MS), paramo muy húmedo – subalpino subtropical (pmh- SaS), paramo húmedo- subalpino tropical (ph-SaS), tundra muy húmedo – alpino subtropical (tmh-AS), tundra pluvial- alpino subtropical (tp-AS).

En el departamento de Cusco se registraron dos zonas de vida: bosque húmedo – montano subtropical (bh-MS) y paramo muy húmedo – subalpino subtropical (pmh-SaS). (Ver plano CSL-096200-1-AM-07).

#### **A. Zonas de vida ubicadas en la zona de estudio y que corresponden a la Región Arequipa:**

##### **Nival Tropical (NS)**

Se distribuye en las cumbres de la cordillera por encima de los 5000 msnm. Posee un clima húmedo a superhúmedo – frígido, con temperatura media anual menor a 1,5 °C, y precipitación pluvial total promedio anual entre 500 y 900 milímetros.

La cubierta vegetal es escasa, disminuyendo aun más a medida que se asciende hacia los picos de los nevados.

Las condiciones ecológicas de esta zona de vida son desfavorables para la actividad agropecuaria y/o forestal.



**Foto N° 4.3.2-1 Nival Tropical en la cuenca alta del río Hornillos**

#### **Tundra muy húmedo - Alpino Subtropical (tmh-AS)**

Se distribuye entre los 5 000 y 4 500 msnm. Posee un clima per húmedo muy frío, con temperatura media anual entre 3°C y 1,5°C y precipitación pluvial total, promedio anual, entre 300 y 500 mm.

La cubierta vegetal esta conformada por matas de pastos naturales altoandinos muy dispersos; asimismo, existen especies arrosetadas y almohadilladas muy distanciadas. La composición florística y la abundancia son algo mayor que en la tundra húmeda.

Las tierras de esta zona de vida son utilizadas para el pastoreo estacional o temporal trashumante, que sin embargo se observa un sobre pastoreo, sobrepasando largamente la soportabilidad natural de este ecosistema.



**Foto N° 4.3.2-5 Tundra muy húmedo - Alpino Subtropical próximo al río Apurímac**

### **Páramo muy húmedo - Subalpino subtropical (pmh-SaS)**

Se distribuye al norte, centro y sur del departamento, entre los 4500 y 4000 msnm. Posee un clima per húmedo frío, con temperatura media anual entre 6°C y 3°C, y precipitación pluvial total promedio anual entre 600 y 800 mm.

La cubierta vegetal esta constituido por una abundante mezcla de hierbas perennes y pastos, predominantemente gramíneas, leguminosas y otros que conforman los pastizales altoandinos. Entre las especies arbóreas mas comunes que se observan en forma aislada o formando pequeños bosques residuales se tienen el “quinual”, el “colle” y el “chachacomo”.

Esta zona de vida presenta las mejores condiciones ecológicas para el sostenimiento de una ganadería en gran escala, principalmente a base de camélidos americanos, porque ofrece los mejores pastos naturales, tanto en calidad como en abundancia.



**Foto N° 4.3.2-3 Páramo muy húmedo - Subalpino subtr opical confluencia río Apurímac con río Hornillos**

### **Estepa Montano Subtropical (e-MS)**

Se distribuye entre los 3 000 y 3 500 msnm. Posee un clima subhúmedo – templado frío, con temperatura media anual entre 12°C y 9°C, y pre cipitación pluvial total promedio anual 260 y 550mm.

La cubierta vegetal esta constituida por una vegetación herbácea más o menos densa durante la época de lluvias veraniegas, asociadas con arbustos y cactáceas permanentes durante todo el año. Una cactácea indicadora de esta zona de vida es “anjojishja” o “caruacasha” o “huacacasha”.

La actividad agropecuaria intensiva está restringida a las tierras que disponen agua de riego. La agricultura de secano se lleva a cabo mediante la siembra de cultivos de corto periodo vegetativo, tal como la cebada que tiene bajo requerimiento de agua y cuando la siembra de papas u otros tubérculos nativos bajo la modalidad de secano.



**Foto N° 4.3.2-2 Estepa Montano Subtropical – se encuentra entre el  
rio  
Colca y el rio Hornillos**

**B. Zonas de vida ubicadas en la zona de estudio y que corresponden a la Región Cusco:**

**Tundra Pluvial - Alpino Subtropical (tp-AS)**

Se distribuye sobre el paramo pluvial subalpino, entre los 4500 y 5000 msnm. Posee un clima superhúmedo – muy frío, con temperatura media anual entre 3°C y 1,5 °C y precipitación pluvial total, promedio anual, variable desde 500 hasta 1 000 mm.

La cubierta vegetal es más abundante y florísticamente diversificado con relación a las otras tundras tales como: tundra húmeda y la tundra muy húmeda. Además de las matas gramíneas, existen plantas arrosetadas y de porte almohadillado, se observa la presencia de *Distichia muscoides* que forma almohadilladas convexas que crecen continuamente sus partes superiores mientras que sus partes inferiores y las raíces más profundas se van convirtiendo en lo que comúnmente se denomina turba. También es posible observar la existencia de musgos en altitudes superiores que sobrepasan los 5 000 msnm.

### **Páramo muy húmedo subalpino subtropical**

Se distribuye en las alturas de la cordillera en la parte central y sur del departamento, entre los 3 900 y 4 500 msnm. Presenta un clima per húmedo – frío, con temperatura media anuales entre 6°C y 3°C; y precipitación pluv ial total promedio anual entre 700 y 900 milímetros.

La cobertura vegetal lo constituye una mezcla de gramíneas y otras hierbas perennes que conforman las praderas pajonales de pastos naturales altoandinos, existe también especies arbóreas en forma aislada conformando los llamados bosques residuales con arboles relativamente pequeños como la “queñua”, “Chachacomo”, entre otros.



**Foto N° 4.3.2-7 Páramo muy húmedo subalpino subtropical, camino hacia el rio Quero**

### **Bosque húmedo – Montano Subtropical**

Se distribuye en las partes altas de los andes, desde la altura de Urubamba hacia el sur del departamento, en la región Sierra entre los 3 200 y 3 900 msnm. Presenta un clima húmedo templado frío, con temperatura media anual entre 12 °C y 6°C; y precipitación pluvial total promedio anual variable entre 700 y 900 mm.

La cubierta vegetal natural, ha sido sustituida por cultivos agrícolas y por la actividad ganadera pastoreada en los pastizales naturales alto andinos. La vegetación natural se puede encontrar solo en los lugares inaccesibles. Esta conformado por pequeños bosquetes de queñuales o de chachacomos asociados, con especies arbustivas y herbáceas.

Gran parte de las tierras aparentes de esta zona de vida son utilizadas por la agricultura de secano, principalmente para producción de papas y otros cultivos altoandinos como haba, alverja, cebada, trigo, etc.

En la zona de estudio solo se ha observado vegetación herbazal, se ha registrado comunidades de queñuales o de chachacomos en los márgenes del río Apurímac ubicado en la zona de los 3 cañones en el departamento de Cusco.



**Foto N° 4.3.2-6 Bosque húmedo – montano subtropical , Río  
salado**

### **4.3.3 Flora**

#### **A. Formaciones Vegetales o Unidades Vegetales**

Se observaron en la zona de estudio especies vegetales especialmente de tipo herbazal. (Ver Plano N° CLS-096200-1-AM-15).

#### **Vegetación Ribereña**

Este tipo de vegetación se presenta en terrenos pedregosos adyacentes a la ribera y con especies vegetales típicas de la sierra a medida que se asciende. Está constituida especialmente de gramíneas con abundante presencia de la especie *Panicum prionitis* “Paja brava”, *stipa ichu* “ichu”, huaraco (cactus) con presencia de zonas hidromórficas.

En esta formación vegetal se tiene la presencia de aves como *Geranoetus melanoleucus* (Acchi), *Phalcoboenus megalopterus* “China linda”, *Agriornis andicola* “Piuchau” y *Muscisaxicola frontalis* “Visbe”.



Foto N° 4.3.3-1 Vegetación ribereña - Río Apurímac

### Herbazal de tundra

Presenta un relieve abrupto y bajo el modelaje glacial, con gran cobertura de rocas.

La vegetación se caracteriza por ser mayormente de tipo graminal de estrato corto y plantas arroquetadas y de porte almohadillado. A medida que se asciende a los niveles superiores la vegetación se hace rala, escasa, más diversa, incrementándose las áreas desnudas y aumentando la cobertura pedregosa.

Muchas de las especies de este herbazal, son las mismas que existen en el pajonal/ césped de puna, con la diferencia que aquí las especies son menos desarrolladas y con menor complejidad florística. Entre las gramíneas mas comunes, sobresalen: *Calamagrostis vincunacun*, *Aciahne pulvinata* y *Poa sp*; otras como *Distichia muscoides* (en las áreas hidromórficas).

Una especie que diferencia a este herbazal es la presencia notable de “yareta” *Azorella multifida* cuya forma, tamaño, volumen y coloración, le hace muy conspicua entre las demás especies con quienes convive.



Foto N° 4.3.3-2 Herbazal de tundra

### Pajonal de puna

La cubierta vegetal se caracteriza por el predominio de herbáceas gramíneas tipo “paja” o “ichal”, cuyas especies más comunes son: *Festuca dolycophylla*, *Festuca orthophylla*, *Stipa ichu*, *Stipa obtusa*, *Calamagrostis vicunarum*, *Calamagrostis heterophylla* y *Calamagrostis sp.* En menor proporción también existe inclusiones de matas arbustivas como la “tola” *Parastrephya lepidophylla* y hacia los niveles altitudinales superiores *Diplostephyum sp.*, *Margyricarpus sp.*, *Tetraglochin strictum* y *Azorella sp.*

Esta unidad vegetacional o de cobertura, ofrece un potencial forrajero basándose en pastos naturales.



Foto N° 4.3.3-3 Pajonal de puna

### Bofedal

Los bofedales se localizan en terrenos depresionados con problemas de mal drenaje. La vegetación está compuesta de especies de porte arrosetado y tipo cespitoso que permanecen siempre verdes durante el año, siendo las especies más comunes: *Poa sp.*, *Agrostis sp.* y *Distichia sp.* En el área de estudio se han identificado dos tipos de bofedales naturales y artificial, los naturales son asociaciones de vegetales localizados en zonas donde existe buen suministro de agua durante todo el año proveniente de manantiales, ríos u ojos de agua, tienen potencial productivo para el pastoreo de alpacas y un número limitado de ovinos y vacunos. El Bofedal artificial se encuentra irrigado por los ganaderos, estos presentan mayor productividad en comparación con el bofedal natural.

En pampa Pusa Pusa y pampa Calera se observan bofedales artificiales como producto de irrigaciones de los pastos, en los cuales se tienen especies de rye gras y trébol. En la actualidad esta formación vegetal está destinada al pastoreo y ocupado por especies de aves silvestres de la zona como la especie “parihuana” (*Phoenicopterus chilensis*) y “huallata”. *Chloephaga melanoptera*. (Ver Plano N° CLS-096200-1-AM-19)



**Foto N° 4.3.3-4 Bofedal cerca al río hornillos en área de emplazamiento de la Presa Angostura**

#### **Estepa con césped de puna**

Este tipo de formación vegetal está asociado a las partes más altas del páramo muy húmedo subalpino subtropical (pmh-SaS) y a estepa - montana subtropical (e-MS). La composición del paisaje es similar, correspondiendo a esta formación la zona de las inmediaciones del río Colca.

En esta formación hay predominio de Poaceas con hojas duras y punzantes. Dominan el paisaje altoandino alternando con arbustos resinosos dispersos. Las familias más diversas son Poaceae y Asteraceae; siendo la primera la más dominante en individuos pero con poco número de especies como: *Calamagrostis vicunarium*, *Calamagrostis recta*, *C. minima* y *Agrostis breviculmis*. Otras especies frecuentes de observar en esta formación son: *Plantago sp.*, *Geranium sessiliform*, *Perezia coeruleascens*, *Senecio adenophylloides*, *Aciachne pulvinata*, *Pycnophyllum sp.*, *ola*, *Luzula sp.*, y *Oreithales integrifolia*.



**Foto N° 4.3.3-5. Estepa de césped de puna**

### Campos agrícolas

Se encuentra en la serranía esteparia ocupando laderas de cerros y zonas en superficie en el área de influencia. Se cultivan Poáceas como trigo, avena, maíz, o tubérculos andinos como papa y oca. Esta formación vegetal se ubica lejos del área de influencia.



**Foto N° 4.3.3-6 campo de cultivo de “papa” (*Sonalunum sp.*) ubicados en la laderas. Nótese que estas áreas se encuentran lejos del área de influencia del estudio.**

### Quinuales

Especie arbustiva ubicada en los márgenes del río Apurímac y en las partes altas de las zonas que enmarcan la ruta hacia la Presa. Esta masa dispersa de queñuales se encuentra distribuida aleatoriamente en los laterales del río Apurímac. La especie identificada es *Polylepis incana*



**Foto N° 4.3.3-7 Comunidad de queñuales distribuidos aleatoriamente en los márgenes del río Apurímac.**

### Colle o Kishuara

Representado por la especie “colle” (*Buddleja coriacea*). Arbusto de 2 m a árbol de 8mde altura. Se encuentra en forma dispersa en los márgenes aguas abajo del río Apurímac y como rompevientos en las casas.



Foto N° 4.3.3-8 La comunidad del colle se ubican en los márgenes del río Apurímac, conjuntamente con los quinuales.

### Zona sin vegetación

Se caracteriza por presentar áreas mayormente eriazas sin cobertura vegetal.



Foto N° 4.3.3-9 Zona sin vegetación en el area de C aylloma - Arequipa.

### **Roquedal y vegetación saxícola**

Este hábitat es dominado por lecho rocoso, el cual está escasamente cubierto por líquenes, musgos, pastos, arbustos rectos y hierbas. Se han registrado especies como (*Baccharis odorata*), *Festuca sp.*, “líquenes” (*Pycnophyllum molle*). Se ubica por la zona donde se construirá el dique.



**Foto N° 4.3.3-10 vegetación saxícola (matorral de porte mediano)**

### **B. Evaluación de la Flora**

La evaluación de la flora tiene como objetivo, determinar la composición taxonómica, abundancia relativa, distribución y estado de conservación de las especies presentes. Cabe precisar que los puntos de muestreo se han realizado en los diferentes puntos en el área de influencia del proyecto, teniendo como base las formaciones vegetales y variadas unidades fisiográficas.

#### **b.1 Estaciones de evaluación:**

La evaluación de la flora se realizó en las estaciones indicadas en el cuadro N° 4.3.3-1, que a continuación se presenta. (Ver plano CSL-096200-1-AM-21).

**Cuadro N° 4.3.3-1:**  
**Estaciones de evaluación de la flora**

Código	Referencia de Ubicación	Ubicación (UTM)	
		N	E
Ef – 01	Zona de explotación de materiales de agregados (Canteras)	8 318 827	217 744
Ef – 02	Área de depósito de materiales excedentes	8 320 301	217 805
Ef – 03	Área frente a la construcción del Túnel de derivación Angostura-Colca	8 318 767	223 308
Ef – 04	Río Chalhuanca, a la altura de la salida del túnel de Derivación Angostura – Colca	8 319 201	232 578
Ef – 05	Aguas Arriba del Río Colca, antes del cruce con el Río Chalhuanca	8 311 544	238 573
Ef – 06	Sobre el Río Colca, aguas abajo de la confluencia con el Río Chalhuanca	8 307 090	235 302
Ef – 07	Aguas arriba de la Presa Angostura, sobre el Río Apurímac	8 320 842	216 602
Ef – 08	Aguas arriba de la Presa Angostura, sobre el Río Hornillos	8 319 880	217 053
Ef – 09	Aguas debajo de la Presa Angostura sobre el Río Apurímac	8 321 817	217 140
Ef – 10	Sobre el Río Apurímac, antes de la confluencia con el Río Salado	8 371 346	235 349
Ef – 11	Sobre el río Apurímac aguas abajo de la confluencia con el Río Salado	8 373 778	236 281
Ef – 12	Sobre el Río Apurímac, aguas abajo de la confluencia con la Quebrada Cerrilumbo	8 342432	219 798
Ef – 13	Sobre el Río Apurímac, aguas abajo de la confluencia de la Quebrada Cayomani	8 346 824	222 205
Ef – 14	Sobre el Río Apurímac, aguas abajo de la confluencia de la Quebrada Chacomayo	8 350 524	228 873
Ef – 15	Sobre el Río Apurímac, aguas abajo de la confluencia de la Quebrada Qqero	8 360 078	232 877

Fuente: CESEL, Elaboración propia

## **b.2 Método de Muestreo**

Dependiendo de las condiciones del área de evaluación del proyecto, se empleó el método de evaluación del cuadrado:

**Método del Cuadrado.** En la zona de estudio se tomó áreas de muestra o parcelas distribuidas en forma regular o al azar. Estas muestras, ya sean de forma cuadrada, rectangular se denominan simplemente “cuadrado” y su número, tamaño y tipo es variable de acuerdo a la vegetación y al objetivo que se pretenda: dinámica de la vegetación, productividad, etc. En la zona de estudio se formaron cuadrados de 30 m para vegetación arbustiva y para la vegetación herbácea cuadrados de 1 m de lado o menores. (Gómez, D 2008).

### **b.3 Equipos y materiales**

Los materiales y equipos empleados en el levantamiento de parcelas se menciona a continuación:

#### **Equipos y Materiales**

##### *Equipo cartográfico*

- Imágenes satelitales del área de estudio.
- Imagen de satelital Landsat recientes (2009 y 2005).
  
- Mapas cartográficos
- Mapa Ecológico del departamento de Cusco y Arequipa de la base de datos del INRENA (INRENA, 2000).
- Clasificación de Tierras del Perú del departamento de Cusco y Arequipa de la base de datos del INRENA, memoria y mapa a escala 1:600 000, del año 2000.
  
- Mapas topográficos.
- Plano del área de influencia social N° CLS-096200-1GN-1.
- Mapas topográficos o cartas nacionales levantados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), a escala 1:100 000 del año 1985 y actualizados recientemente
  
- Foto N°grafías de la zona.

##### *Equipo de campo*

- GPS.
- Cámara Foto N°gráfica, Marca Cannon, Zoom óptico 1 0x.
- Altimetro.
- Brújula.

##### *Materiales*

- Estacas de madera (4).
- Pavilo.
- Wincha 30.
- Libreta de notas
- Lápiz, lapiceros.
- Bolsas de plásticos transparentes

### **C. Especies registradas en el área de estudio**

A continuación se menciona la lista de especies de flora registradas en el área de estudio. Ver Cuadro N° 4.3.3-2.

**Cuadro N° 4.3.3-2**  
**Lista de Especies de Flora registradas en el área de estudio**

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre Común</b>
Cactácea	<i>Echinopsis maximiliana</i>	Huaraco
	<i>Tephrocactus dimorphus</i>	-
	<i>Echinopsis sp</i>	-
Poaceae	<i>Festuca orthophylla</i>	Paja Brava
	<i>Festuca dolichophylla</i>	Chillihua
	<i>Festuca rigidifolia</i>	Waylla ichu
	<i>Festuca rigescens</i>	-
	<i>Festuca sp.</i>	-
	<i>Stipa brachyphylla</i>	-
	<i>Stipa obtusa</i>	-
	<i>Stipa ichu</i>	-
	<i>Stipa sp.</i>	-
	<i>Poa annua L.</i>	-
	<i>Poa sp.</i>	-
	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	Crespillo
	<i>Calamagrostis sp.</i>	-
	<i>Calamagrostis hetertophylla</i>	-
	<i>Calamagrostis rigescens</i>	Tullu pasto
	<i>Distichlis sp.</i>	grama
	<i>Distichlis spicata</i>	grama salada
	<i>Aristida adscensionis L.</i>	-
	<i>Aciachne pulvinata</i>	-
Juncaceae	<i>Luzula sp.</i>	junco
	<i>Distichia muscoide</i>	kun kun
Asteraceae	<i>Senecio gamolepis</i>	-
	<i>Senecio rufescens</i>	-
	<i>Senecio serratifolium</i>	-
	<i>Parasterephia lepidophylla</i>	tola
	<i>Astragalus sp.</i>	garbancillo
	<i>Astragalus garbancillo</i>	garbancillo
	<i>Bromus sp.</i>	espiga
	<i>Werneria sp.</i>	-
	<i>Werneria pigmaea</i>	Pura - pura
	<i>Perezia coerulescens</i>	-
	<i>Belloa sp.</i>	-
	<i>Xenophyllum digitatum</i>	-
	<i>Hypochoeris taraxacoides</i>	Miski pilli
<i>Parasterephia lepidophylla</i>	tola	

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre Común</b>
Rosaceae	<i>Trifolium amabile</i>	-
	<i>Margiricarpus strictus</i>	-
	<i>Alchemilla pinnata</i>	Sillu sillu
Valerianaceae	<i>Polylepis incana</i>	queñual
	<i>Phyllactis rigida</i>	-
Plantaginaceae	<i>Plantago rigida</i>	Pasto estrella
	<i>Plantago sp.</i>	
	<i>Plantago tubulosa</i>	sik'i
Gentianaceae	<i>Gentiana prostata</i>	Pencacu
	<i>Gentiana peruviana</i>	-
	<i>Gentiana sedifolia</i>	-
Apiaceae	<i>Azorella diapensioides</i>	yareta
	<i>Geranium sessiliflorum</i> Cavanilles	-
Fabaceae	<i>Astragalus garbancillo</i>	-
	<i>Margiricarpus strictus</i>	-
	<i>Trifolium amabile</i>	trebol blanco
Grossulariaceae	<i>Escallonia sp.</i>	Chachacomo
Buddlejeae	<i>Buddleja coriacea</i>	colle
Caryophyllaceae	<i>Pycnophyllum sp.</i>	
Compositae	<i>Paranephelius sp.</i>	
Geraniaceae	<i>Geranium sessiliflorum</i>	-

Fuente: CESEL, Elaboración propia

#### **D. Patrones de Diversidad**

Se evaluaron los siguientes patrones de diversidad: Shannon – Winner ( $H'$ ), Equidad de Pielou, Uniformidad y Abundancia relativa.

##### **d.1 Diversidad de Shannon – Winner ( $H'$ ) (Krebs 1998, Magurran 1991).**

La diversidad de especies es un atributo de las comunidades y se mide por la heterogeneidad y la uniformidad de éstas, Peet (1974). La diversidad se compone de dos elementos; el primero es la variación de especies y el segundo es la abundancia relativa de estas, (Krebs 1998, Magurran 1991).

La diversidad puede medirse registrando el número de especies, describiendo su abundancia relativa o usando una medida que combine los dos componentes.

El índice de Shannon – Wiener o Índice de diversidad de Shannon, se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$H = - \sum_i^s (p_i) (\log_2 p_i)$$

Donde

H= índice de diversidad de especies

s= número de especies

p<sub>i</sub>= proporción del total de la muestra perteneciente a la especie i'.

Para la Interpretación de estos índices se utilizo el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 4.3.3-3**

**Interpretación de la diversidad de Shannon – Wiener (H')**

<b>Índice de Diversidad de Shannon – Wiener (H')</b>	<b>Escala de Interpretación utilizada</b>
0 – 1 bits/ind	Diversidad escasa
1 – 2 bits/ind	Diversidad media
< 2 bits/ind	Diversidad alta

**d.2 Equidad de Pielou**

Este concepto fue propuesto por Lloyd y Ghlandi (1964), y es simplemente qué tan abundantes son las especies en la comunidad. Una uniformidad alta, la cual ocurre cuando las especies son iguales o teóricamente iguales en abundancia, corresponde a una diversidad alta, Krebs (1999).

Para determinar que tan similares son las abundancias de las diferentes especies, se utilizó el índice de Equidad de Pielou.

La equidad se calcula de:

$$e = H / H \text{ Max.}$$

Donde:

H Max.= log<sub>2</sub> (S)

S = número de especies

Para la Interpretación de estos índices se utilizo el siguiente cuadro:

**Cuadro N° 4.3.3-4**

**Interpretación del Índice de Equidad de Pielou**

<b>Índice de Equidad de Pielou</b>	<b>Escala de Interpretación utilizada</b>
0	Una sola especie
1	Todas las especies tienen el mismo número de individuos

### **d.3 Índice de Valor de Importancia (IVI)**

Es un parámetro que estima el aporte o significación ecológica de cada especie en la comunidad, el valor máximo es 300%, mientras más se acerque una especie a este valor, mayor será su importancia ecológica y dominio florístico sobre las demás especies presentes y es igual a la suma de la dominancia, la abundancia y la frecuencia. Se calcula de la siguiente manera:

$$IVI = \%Der + \%Fer + \%Do$$

Donde IVI= Índice de Valor de Importancia

%Der= Densidad relativa

%Fer= Frecuencia relativa

%Do = Dominancia relativa

De acuerdo al levantamiento de parcelas, se ha seleccionado las 5 principales especies vegetales con mayor frecuencia de ocurrencia de los 15 transectos. Se indica a continuación el valor de importancia (IVI) de cada una de estas:

**Cuadro N° 4.3.3-5**  
**Especies vegetales con mayor IVI para cada tipo de vegetación**

<b>Índice de valor de importancia</b>	<b>Frecuencia de ocurrencia en transectos</b>	<b>N° ind/sp</b>	<b>% FR</b>	<b>% DR</b>	<b>% Do</b>	<b>% IVI</b>
<i>Calamagrostis vicunarum</i>	8	85	11,05	333,33	176,01	173,46
<i>Festuca orthophylla</i>	12	114	18,20	118,20	333,33	156,57
<i>Parasntrephia lepidophylla</i>	7	132	34,87	37,87	330,33	134,56
<i>Stipa obtusa</i>	2	156	45,58	158,02	335,02	179,54
<i>Tetraglochin cristatum</i>	9	99	60,60	74,07	333,03	155,09

*Fuente: CESEL, Elaboración propia*

En el cuadro N°4.3.3-5 se observa los valores que se han obtenido de los cálculos del (IVI) de cada especie:

La especie vegetal “ichu” (*Stipa obtusa*) ha obtenido un valor de 179.54 resultando que no representa una mayor significación ecológica, asimismo se precisa que no presenta un mayor dominio florístico en el hábitat ecológico, debido a que otras especies vegetales en su conjunto la suplen.

La especie “crespillo” (*Calamagrostis vicunarum*) ha obtenido un valor de 173,46 resultando que dicha especie no es de importancia significativa para el hábitat del área de estudio. Ello se debe a que existen un variado número de especies las cuales complementan la importancia estructural de la zona.

La especie “ichu” (*Festuca orthophylla*) ha obtenido un valor de 156,57, valor inferior que representa una menor significación de la especie.

Para estas especies vegetales como *Festuca*, *Calamagrostis* y *Stipa* en su conjunto si representan una mayor importancia ecológica debido a una variada diversidad de riqueza de especie que genera una diversa población de especies de valor ecológico.

La especie “tola” (*Parastrephia lepidophylla*) ha obtenido un valor de 134,56 y seguido de “canllí” (*Tetraglochin cristatum*) ha obtenido un valor de 155,09 resultando que dichas especies no representa mayor importancia para el hábitat ecológico del área de estudio. La presencia de esta especie en el área de estudio, indica el sobrepastoreo en la zona del área de estudio.

#### **d.4 Resultados**

De acuerdo al trabajo de campo, se procedió a realizar la evaluación de flora en las estaciones de monitoreo mediante la estimación de parcelas insertado en el área de estudio.

El criterio de evaluación de las parcelas consistió en evaluar zonas con mayor representatividad ubicadas en las diferentes zonas de vida. A continuación, se presenta las estaciones de evaluación de flora:

**Cuadro N° 4.3.3-6**  
**Estación de monitoreo EF-1**

<b>Zona de vida</b>	Páramo muy húmedo – sub. Alpino Subtropical (pmh-SaS)		
<b>Formación Vegetal</b>	Tierras praderas naturales – Césped de Puna		
<b>Coordenadas UTM</b>	Norte 8 318 827, Este 217 744		
<b>Zona de estudio</b>	Zona de explotación de materiales de agregados (canteras)		
<b>Código</b>	EF-1		
<b>Transecto</b>	1		
<b>Altitud</b>	4 200 msnm		
<b>ANÁLISIS DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA</b>			
<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Individuos/m</b>
Poaceae	<i>Festuca orthophylla</i>	paja brava	15
	<i>Festuca dolicochophylla</i>	chilliwar	14
	<i>Stipa obtusa</i>	ichu	15
	<i>Poa annua</i>	pasto invernal	15
	<i>Poa sp.</i>	-	12
	<i>Calamagrostis sp.</i>	Crespillo	15
	<i>Calamagrostis rigescens</i>	tullu pasto	5
	<i>Aciachne pulvinata</i>	sillu sillu	12
Asteraceae	<i>Werneria sp.</i>	-	10
	<i>Parasterephia lepidophylla</i>	Tola	25
Fabaceae	<i>Trifolium amabile</i>	trébol blanco	15
Rosaceae	<i>Alchemilla pinnata</i>	sillo sillo	10
Abundancia (N)			163
Riqueza (S)			12
Shannon (H)			2,20
Simpson (D <sub>Sp</sub> )			0,60
Equidad (E)			0,70

**Fuente:** CESEL, Elaboración propia

En el EF-01, se observa índices de diversidad como la abundancia que representa 163 individuos agrupados en 12 especies en el punto de evaluación. Presenta una diversidad alta con 2.42 bits/ind. La familia predominante es la Poaceae y Asteraceae.

El área de explotación de materiales de agregados, se ubica en las inmediaciones de zona de roquedal y vegetación saxícola

La formación vegetal se caracteriza por presentar praderas altoandinas (césped de puna) y pastizales (pajonal) y la presencia de especies forrajeras como el *Trifolium amabile*.



**Cuadro N° 4.3.3-7**  
**Estación de monitoreo EF-2**

<b>Zona de vida</b>	Páramo muy húmedo – sub. – Alpino Subtropical (pmh-SaS)		
<b>Formación Vegetal</b>	Tierras con praderas naturales - Césped de Puna		
<b>Coordenadas</b>	Norte 8 320 301, Este 217 805		
<b>Zona de estudio</b>	Zona ribereña de depósitos de materiales excedentes		
<b>Código</b>	EF-2		
<b>Transecto</b>	1		
<b>Altitud</b>	4 250 msnm		
<b>ANÁLISIS DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA</b>			
<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Individuos/m</b>
Poaceae	<i>Festuca orthophylla</i>	paja brava	10
	<i>Festuca rigidifolia</i>	waylla ichu	14
	<i>Stipa obtusa</i>	ichu	5
	<i>Stipa brachyphylla</i>	-	8
	<i>Poa annua</i>	pasto invernal	3
	<i>Stipa sp.</i>	-	6
	<i>Calamagrostis vinacunarum</i>	crepillo	2
	<i>Calamagrostis sp.</i>	Tullu pasto	3
	<i>Aciachne pulvinata</i>	sillu sillu	2
	<i>Distichlis spicata</i>	grama salada	8
Asteraceae	<i>Werneria sp.</i>	-	4
	<i>Parasterephia lepidophylla</i>	tola	15
	<i>Astragalus sp.</i>	Garbancillo	10
	<i>Bromus sp.</i>	Espiga	16
Rosaceae	<i>Trifolium amabile</i>	Trébol blanco	20
Fabaceae	<i>Margiricarpus strictus</i>	-	4
Rosaceae	<i>Alchemilla pinnata</i>	sillo sillo	5
Abundancia (N)			135
Riqueza (S)			17
Shannon (H)			2,20
Simpson (DSp)			0,70
Equidad (E )			0,92

Fuente: CESEL, Elaboración propia

En EF-02, se observa índices de diversidad como la abundancia que representa 135 individuos agrupados en 17 especies en el punto de evaluación. Presenta una diversidad alta con 2,62 bits/ind, resultando un alto índice de pastos naturales.

La presencia de los pastos naturales en la zona de evaluación responde a necesidades de áreas de pastoreo. La zona se condiciona para ser destinada a un área de cantera debido a que no se encontraría alterado.



**Cuadro N° 4.3.3-8**  
**Estación de monitoreo EF-03**

<b>Zona de vida</b>	Páramo muy húmedo – sub. - Alpino Subtropical (pmh-SaS)		
<b>Formación Vegetal</b>	Tierras con praderas naturales – Césped de Puna		
<b>Coordenadas</b>	Norte 8 318 767, Este 223 308		
<b>Zona de estudio</b>	Zona ribereña frente a la construcción del túnel Angostura – Colca		
<b>Código</b>	EF-3		
<b>Transecto</b>	1		
<b>Altitud</b>	4 300 msnm		
<b>ANÁLISIS DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA</b>			
<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Individuos/m</b>
Poaceae	<i>Poa sp.</i>	-	19
	<i>Festuca sp</i>	-	15
	<i>Stipa obtusa</i>	ichu	18
	<i>Stipa brachyphylla</i>	-	18
	<i>Calamagrostis sp.</i>		10
Abundancia (N)			80
Riqueza (S)			5
Shannon (H)			1,8
Simpson (D <sub>Sp</sub> )			0,19
Equidad (E )			0,98

**Fuente:** CESEL, Elaboración propia

En EF-03, se observa índices de diversidad como la abundancia que representa 80 individuos agrupados en 5 especies en el punto de evaluación. Presenta una diversidad baja con 2,62 bits/ind, resultando un bajo índice de pastos naturales debido al sobrepastoreo del área.

El área de estudio de la zona de la construcción del túnel de Angostura presenta un área de cadenas de peñascos de rocas y vegetación saxícola. Asimismo, se observa la presencia de bofedales y áreas de pastoreo donde los ganados vacunos se alimentan de las especies forrajeras como *Festuca*, *Calamagrostis* entre otros.

También se observó la presencia de especie vegetales de porte arbustivos ubicados en los caminos del peñasco de rocas consideradas en situación amenazada como la “tola” (*Parasterephia lepidophylla*), “huamanpinta” (*Chuquiraga spinosa*) entre otros.



**Cuadro N° 4.3.3-9**  
**Estación de monitoreo EF-04**

<b>Zona de vida</b>	Páramo muy húmedo – sub. Alpino Subtropical (pmh- SaS)		
<b>Formación Vegetal</b>	Tierras con escasa vegetación – Zonas sin vegetación		
<b>Coordenadas UTM</b>	Norte 8 319 201, Este 232 578		
<b>Zona de estudio</b>	Río Challhuanca a la altura de la salida del túnel de derivación Angostura – Colca		
<b>Código</b>	EF-4		
<b>Transecto</b>	1		
<b>Altitud</b>	4 350 msnm		
<b>ANÁLISIS DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA</b>			
<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Individuos/m</b>
Caryophyllaceae	<i>Pycnophyllum sp.</i>		25
Plantaginaceae	<i>Plantago sp.</i>		10
Abundancia (N)			35
Riqueza (S)			2
Shannon (H)			0,90
Simpson (D <sub>Sp</sub> )			0,70
Equidad (E )			0,86

Fuente: CESEL, Elaboración propia

En EF-04, se observa índices de diversidad como la abundancia y riqueza que representa 35 individuos agrupados en 5 especies en el punto de evaluación. Presenta una diversidad baja con 0,59 bits/ind, resultando un bajo índice de pastos naturales debido que el área presenta una escasa vegetación.

El área de estudio se caracteriza por presentar una reducida vegetación césped de puna dispuesto en manchas a lo largo de la zona de la proyectada obra.

Por otro lado, se observó zonas abruptas y/o accidentadas de vegetación saxícola insertado en las laderas de los roquedales.



**Cuadro N° 4.3.3-10**  
**Estación de monitoreo EF-05**

<b>Zona de vida</b>	Páramo muy húmedo – sub. Alpino Subtropical (pmh-SaS)		
<b>Formación Vegetal</b>	Tierras con praderas naturales - Pastizal		
<b>Coordenadas UTM</b>	Norte 8 307 901, Este 235 302		
<b>Zona de estudio</b>	Zona ribereña del Colca		
<b>Código</b>	EF-5		
<b>Transecto</b>	1		
<b>Altitud</b>	4 198 msnm		
<b>ANÁLISIS DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA</b>			
<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Individuos/m</b>
Poaceae	<i>Festuca dolicochophylla</i>	chilliwar	30
	<i>Stipa obtusa</i>	ichu	10
	<i>Poa annua</i>	pasto invernal	2
	<i>Poa sp.</i>	-	5
	<i>Calamagrostis vinacunarum</i>	crepillo	15
	<i>Calamagrostis rigescens</i>	tullu pasto	5
Compositae	<i>Paranephelius sp.</i>	-	2
Apiaceae	<i>Azorella diapensioides</i>	yareta	40
Asteraceae	<i>Astragallus garbancillo</i>	garbancillo	20
Abundancia (N)			129
Riqueza (S)			9
Shannon (H)			1,82
Simpson (DSp)			0,19
Equidad (E )			0,82

**Fuente:** CESEL, Elaboración propia

En EF-05, se observa índices de diversidad como la abundancia y riqueza que representa 129 individuos agrupados en 9 especies en el punto de evaluación. Presenta una diversidad baja con 1,82 bits/ind, resultando un bajo índice de pastos naturales altoandinos debido al excesivo sobrepastoreo.

El sobrepastoreo es un alto indicador de degradación a los ecosistemas altoandinos, lo cual genera la ausencia de cobertura y la propagación de mala hiervas que no son palatables para el ganado.



**Cuadro Nº 4.3.3-11**  
**Estación de monitoreo EF-06**

<b>Zona de vida</b>	Páramo muy húmedo – sub. Alpino Subtropical (pmh-SaS)		
<b>Formación Vegetal</b>	Tierras con praderas naturales - vegetación saxicola - pastizal		
<b>Coordenadas UTM</b>	Norte 8 320 842 , Este 216 602		
<b>Zona de estudio</b>	Sobre el río Colca, aguas debajo de la confluencia del río Challhuanca		
<b>Código</b>	EF-6		
<b>Transecto</b>	1		
<b>Altitud</b>	4 198 msnm		
<b>ANÁLISIS DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA</b>			
<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Individuos/m</b>
Caryophyllaceae	<i>Pycnophyllum sp.</i>	-	35
Plantaginaceae	<i>Plantago sp.</i>	Llantén	15
Apiaceae	<i>Azorella diapensioides</i>	yareta	20
Rosaceae	<i>Alchemilla pinnata</i>	ichu	15
Poaceae	<i>Stipa sp.</i>		8
Abundancia (N)			93
Riqueza (S)			5
Shannon (H)			0,22
Simpson (DSp)			0,23
Equidad (E )			0,93

Fuente: CESEL, Elaboración propia

En EF-06, se observa índices de diversidad como la abundancia y riqueza que representa 93 individuos agrupados en 5 especies en el punto de evaluación. Presenta una diversidad baja con 0,02 bits/ind, resultando un bajo índice de pastos naturales debido a que el área topográfica presentaba zonas con pendientes.

La configuración topográfica del area de evaluación resulto accidentada debido a la presencia de quebradas encañonadas. La presencia de poca cobertura vegetal es la que corresponde a la transición de la zona de vida de Tundra muy húmeda.



**Cuadro Nº 4.3.3-12**  
**Estación de monitoreo EF-07**

<b>Zona de vida</b>	Páramo muy húmedo – sub Alpino Subtropical (pmh-SaS)		
<b>Formación Vegetal</b>	Tierras con praderas naturales - Pajonal de puna.		
<b>Coordenadas UTM</b>	Norte 8 319 880, Este 217 053		
<b>Zona de estudio</b>	Aguas arriba de la Presa Angostura, sobre el río Apurímac.		
<b>Código</b>	EF-7		
<b>Transecto</b>	1		
<b>Altitud</b>	4 150 msnm		
<b>ANÁLISIS DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA</b>			
<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Individuos/m</b>
Poaceae	<i>Festuca orthophylla</i>	paja brava	20
	<i>Festuca rigidifolia</i>	waylla ichu	13
	<i>Stipa obtusa</i>	ichu	15
	<i>Stipa brachyphylla</i>	-	16
Asteraceae	<i>Paranestrepchia lepidophylla</i>	tola	20
Abundancia (N)			84
Riqueza (S)			5
Shannon (H)			1,59
Simpson (D <sub>Sp</sub> )			0,19
Equidad (E)			0,99

**Fuente:** CESEL, Elaboración propia

En EF-07, se observa índices de diversidad como la abundancia y riqueza que representa 84 individuos agrupados en 5 especies en el punto de evaluación. Presenta una diversidad baja con 1,59 bits/ind, resultando un bajo índice de pastos naturales debido a que la zona ha presentado excesivo sobrepastoreo.

La zona presenta ausencia de pastizales principales que contribuyen al crecimiento y propagación de praderas nativas. El sobrepastoreo genera el crecimiento de especies vegetales que no son palatables para los ganados.



**Cuadro Nº 4.3.3-13**  
**Estación de monitoreo EF-08**

<b>Zona de vida</b>	Páramo muy húmedo – sub. Alpino Subtropical		
<b>Formación Vegetal</b>	Tierras de vegetación hidromórfica (Bofedal)		
<b>Coordenadas UTM</b>	Norte 8 319 380, Este 217 053		
<b>Zona de estudio</b>	Aguas arriba de la Presa Angostura, sobre el río Hornillos		
<b>Código</b>	EF-08		
<b>Transecto</b>	1		
<b>Altitud</b>	4 010 msnm		
<b>ANÁLISIS DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA</b>			
<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Individuos/m</b>
Poaceae	<i>Festuca sp.</i>	Paja brava	15
	<i>Stipa obtusa</i>	ichu	8
	<i>Stipa brachyphylla</i>	-	9
	<i>Poa annua</i>	pasto invernal	10
	<i>Stipa sp.</i>	-	9
	<i>Calamagrostis vinacunarum</i>	crepillo	8
	<i>Calamagrostis sp.</i>	Tullu pasto	9
	<i>Aciachne pulvinata</i>	sillu sillu	9
Geraniaceae	<i>Geranium sessiliflorum</i>	-	8
Asteraceae	<i>Werneria sp.</i>	-	8
	<i>Astragalus sp.</i>	Garbancillo	13
	<i>Parasterephia lepidophylla</i>	tola	10
Rosaceae	<i>Alchemilla pinnata</i>	-	8
Abundancia (N)			124
Riqueza (S)			13
Shannon (H)			2,54
Simpson (D <sub>Sp</sub> )			0,07
Equidad (E)			0,91

**Fuente:** CESEL, Elaboración propia

En EF-08, se observa índices de diversidad como la abundancia y riqueza que representa 124 individuos agrupados en 13 especies en el punto de evaluación. Presenta una diversidad alta con 2,54 bits/ind.

La zona presenta una diversidad de pastizales altoandinos resultando un alto índice de pastos naturales palatables para el ganado. Esta zona se mantiene con el fluido de agua constante, permitiendo la proliferación de especies vegetales típicas de la zona.



**Cuadro N° 4.3.3-14**  
**Estación de monitoreo EF-09**

<b>Zona de vida</b>	Páramo muy húmedo – sub. Alpino Subtropical (pmh-SaS)		
<b>Formación Vegetal</b>	Tierras con praderas naturales		
<b>Coordenadas</b>	Norte 8 373 778, Este 236 281		
<b>Zona de estudio</b>	Aguas abajo de la Presa Angostura sobre el río Apurímac		
<b>Código</b>	EF-9		
<b>Transecto</b>	1		
<b>Altitud</b>	4 231 msnm		
<b>ANÁLISIS DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA</b>			
<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Individuos/m</b>
Poaceae	<i>Festuca orthophylla</i>	paja brava	13
	<i>Stipa obtusa</i>	ichu	9
	<i>Poa annua</i>	pasto invernal	7
	<i>Stipa sp.</i>	-	8
	<i>Calamagrostis vinacunarum</i>	crepillo	9
	<i>Calamagrostis sp.</i>	Tullu pasto	10
	<i>Aciachne pulvinata</i>	sillu sillu	11
Abundancia (N)			67
Riqueza (S)			7
Shannon (H)			1,92
Simpson (D <sub>Sp</sub> )			0,13
Equidad (E )			0,99

**Fuente:** CESEL, Elaboración propia

En EF-09, se observa índices de diversidad como la abundancia y riqueza que representa 67 individuos agrupados en 7 especies en el punto de evaluación. Presenta una diversidad alta con 1,92 bits/ind, resultando un alto índice de pastos naturales debido a que esa zona presenta escasa vegetación como el césped de puna.

El área de evaluación presenta una formación vegetal: el Césped de Puna, conformado por especies de porte bajo como *Aciachne pulvinata*, *Poa annua*, *Stipa* entre otros. El césped de puna presenta una distribución uniforme en toda el área de muestreo.



**Cuadro N° 4.3.3-15**  
**Estación de monitoreo EF-10**

<b>Zona de vida</b>	bosque húmedo – Montano Subtropical (bh-MS)		
<b>Formación Vegetal</b>	Tierras con praderas naturales – Pastizales		
<b>Coordenadas</b>	Norte 8 360 078, Este 232 877		
<b>Zona de estudio</b>	Sobre el río Apurimac antes de la confluencia con el río Salado		
<b>Código</b>	EF-10		
<b>Transecto</b>	1		
<b>Altitud</b>	4 105 msnm		
<b>ANÁLISIS DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA</b>			
<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Individuos/m</b>
Poaceae	<i>Festuca orthophylla</i>	paja brava	6
	<i>Stipa ichu</i>	ichu	6
	<i>Stipa obtusa</i>	tullu pasto	4
	<i>Aciachne pulvinata</i>	paco paco	11
Asteraceae	<i>Senecio serratifolium</i>	-	9
	<i>Astragalus garbancillo</i>	garbancillo	6
	<i>Parasterephia lepidophylla</i>	tola	22
Abundancia (N)			64
Riqueza (S)			5
Shannon (H)			1,73
Simpson (D <sub>Sp</sub> )			0,16
Equidad (E)			0,97

Fuente: CESEL, Elaboración propia

En EF-10, se observa índices de diversidad como la abundancia y riqueza que representa 64 individuos agrupados en 5 especies en el punto de evaluación. Presenta una baja diversidad con 1.73 bits/ind, resultando un bajo índice de pastos naturales debido a que esas zonas presentan una escasa diversidad de plantas.

En el área de evaluación presenta una tendencia a bajos índices de población de pastos naturales debido a la presencia de ganados que pastorean la zona. Asimismo, la presencia de áreas de cultivo de forraje como el trébol, la cebada, la papa, rygrass, alfalfa entre otros.



**Cuadro N° 4.3.3-16**  
**Estación de monitoreo EF-11**

<b>Zona de vida</b>	bosque húmedo – Montano Subtropical (bh-MS)		
<b>Formación Vegetal</b>	Tierras de vegetación hidromórfica - Bofedal		
<b>Coordenadas</b>	Norte 8 373 778, Este 236 281		
<b>Zona de estudio</b>	Sobre el río Apurímac aguas abajo de la confluencia con el río Salado.		
<b>Código</b>	EF-11		
<b>Transecto</b>	1		
<b>Altitud</b>	4 000 msnm		
<b>ANÁLISIS DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA</b>			
<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Individuos/m</b>
Poaceae	<i>Festuca orthophylla</i>	paja brava	10
	<i>Stipa ichu</i>	ichu	8
	<i>Poa sp.</i>	-	8
	<i>Stipa sp.</i>	-	9
	<i>Calamagrostis vinacunarum</i>	crepillo	7
	<i>Stipa obtusa</i>	tullu pasto	4
Rosaceae	<i>Alchemilla pinnata</i>	sillo sillo	5
	<i>Distichia muscoides</i>	Champa	10
Geraniaceae	<i>Geranium sessiflorum</i>	geranio	9
Asteraceae	<i>Werneria sp.</i>	-	11
	<i>Agrostis breviculmis</i>	-	10
Poaceae	<i>Ray grass italiano</i>	-	5
	<i>Ray grass inglés</i>	-	8
Abundancia (N)			104
Riqueza (S)			13
Shannon (H)			2,58
Simpson (D <sub>Sp</sub> )			0,07
Equidad (E )			0,98

**Fuente:** CESEL, Elaboración propia

En EF-11, se observa índices de diversidad como la abundancia y riqueza que representa 71 individuos agrupados en 9 especies en el punto de evaluación. Presenta una diversidad con 2,30 bits/ind, resultando un alto índice de pastos naturales debido a que esas zonas se mantienen con el fluido de agua constantemente permitiendo la proliferación de especies vegetales típicas de la zona.

El área de evaluación presenta una diversidad de especies vegetales principalmente la “champa” (*Distichia muscoides*), *Agrostis breviculmis* y *Alchemilla pinnata*, especies de porte bajo. También se observó el establecimiento de especies de cultivos como el



**Cuadro Nº 4.3.3-17**  
**Estación de monitoreo EF-12**

<b>Zona de vida</b>	Páramo muy húmedo – sub. Alpino Subtropical (pmh-SaS)		
<b>Formación Vegetal</b>	Tierras con praderas naturales – vegetación saxicola – Césped de puna		
<b>Coordenadas UTM</b>	Norte 8 342 432, Este 219 798		
<b>Zona de estudio</b>	Sobre el río Apurímac aguas abajo de la confluencia con la Quebrada Cerrilumbo		
<b>Código</b>	EF-12		
<b>Transecto</b>	1		
<b>Altitud</b>	4 450 msnm		
<b>ANÁLISIS DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA</b>			
<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Individuos/m</b>
Poaceae	<i>Festuca orthophylla</i>	paja brava	15
	<i>Festuca dolicochophylla</i>	chilliwar	14
	<i>Stipa obtusa</i>	ichu	15
	<i>Poa annua</i>	-	15
	<i>Poa sp.</i>	-	12
	<i>Calamagrostis sp.</i>	Crespillo	15
	<i>Calamagrostis rigescens</i>	tullu pasto	5
Asteraceae	<i>Werneria sp.</i>	-	10
Rosaceae	<i>Alchemilla pinnata</i>	-	10
Abundancia (N)			111
Riqueza (S)			9
Shannon (H)			2,15
Simpson (D <sub>Sp</sub> )			0,11
Equidad (E)			0,98

Fuente: CESEL, Elaboración propia

En EF-12, se observa índices de diversidad como la abundancia y riqueza que representa 88 individuos agrupados en 7 especies en el punto de evaluación. Presenta una diversidad baja con 1,92 bits/ind, resultando un bajo índice de pastos naturales debido a que esa zona presenta escasa vegetación correspondiente al césped de puna – pedregal.

En el área de evaluación, la vegetación que predomina es el césped de puna. La configuración topográfica de la zona no permite obtener una adecuada cobertura vegetal. De manera, que la presente vegetación se limita a especies vegetales naturales como las praderas nativas, las Poaceas y Asteraceas. Sin embargo, se observó vegetación insertada en la laderas como líquenes *Pcnophyllum sp.*, *Azorella diapensosides*, entre otros.



**Cuadro N° 4.3.3-18**  
**Estación de monitoreo EF-13**

<b>Zona de vida</b>	Páramo muy húmedo – sub. Alpino Subtropical (pmh-SaS)		
<b>Formación Vegetal</b>	Tierras con praderas naturales – Césped de Puna		
<b>Coordenadas</b>	Norte 8 346 824, Este 222 205		
<b>Zona de estudio</b>	Sobre el río Apurímac, aguas abajo de la confluencia de la quebrada Cayomani		
<b>Código</b>	EF-13		
<b>Transecto</b>	1		
<b>Altitud</b>	4 352 msnm		
<b>ANÁLISIS DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA</b>			
<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Individuos/m</b>
Poaceae	<i>Festuca orthophylla</i>	paja brava	10
	<i>Stipa ichu</i>	Ichu	8
	<i>Poa sp.</i>	-	5
	<i>Calamagrostis vinacunarum</i>	Crespillo	4
Rosaceae	<i>Alchemilla pinnata</i>	sillu sillu	6
Asteraceae	<i>Bromus sp.</i>	-	5
Poaceae	<i>Distichlis sp.</i>	Gramma	10
Juncaceae	<i>Luzula sp.</i>	Junco	7
Geraniaceae	<i>Geranium sessiflorum</i>	Geranio	9
Asteraceae	<i>Werneria sp.</i>	-	11
Abundancia (N)			75
Riqueza (S)			10
Shannon (H)			2,25
Simpson (D <sub>Sp</sub> )			0,09
Equidad (E)			0,97

**Fuente:** CESEL, Elaboración propia

En EF-13, se observa índices de diversidad como la abundancia y riqueza que representa 75 individuos agrupados en 10 especies en el punto de evaluación. Presenta una diversidad alta con 2,25 bits/ind resultando un alto índice de pastos naturales debido a que esa zona presenta una composición vegetal uniforme.

En el área de evaluación se observó la presencia de hierbas de porte bajo que se asocian a esta formación vegetal, así tenemos a: las Poaceas, *Geranium sessiflorum*, *Werneria sp*, *Bromus sp*, entre otros. El uso actual de esta zona es ganadero y forrajero.



**Cuadro Nº 4.3.3-19**  
**Estación de monitoreo EF-14**

<b>Zona de vida</b>	Páramo muy húmedo – sub. Alpino Subtropical (pmh-SaS)		
<b>Formación Vegetal</b>	Tierras cultivadas – Cultivos		
<b>Coordenadas</b>	Norte 8 350 524, Este 228 873		
<b>Zona de estudio</b>	Sobre el río Apurímac, aguas abajo de la confluencia de la quebrada Chacomayo		
<b>Código</b>	EF-14		
<b>Transecto</b>	1		
<b>Altitud</b>	4 182 msnm		
<b>ANÁLISIS DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA</b>			
<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Individuos/m</b>
Poaceae	<i>Festuca orthophylla</i>	paja brava	10
	<i>Poa annua</i>	-	9
	<i>Stipa sp.</i>	-	11
	<i>Calamagrostis vinacunarum</i>	crepillo	13
	<i>Calamagrostis sp.</i>	Tullu pasto	14
Rosaceae	<i>Aciachne pulvinata</i>	sillu sillu	9
Asteraceae	<i>Parasterephia lepidophylla</i>	tola	15
Rosaceae	<i>Margiricarpus strictus</i>	-	10
Plantaginaceae	<i>Plantago rigida</i>	llantén	9
Asteraceae	<i>Astragalus sp.</i>	Garbancillo	10
	<i>Bromus sp.</i>	-	7
Rosaceae	<i>Trifolium amabile</i>	trébol blanco	18
	<i>Alchemilla pinnata</i>	-	9
Abundancia (N)			144
Riqueza (S)			13
Shannon (H)			2,26
Simpson (D <sub>Sp</sub> )			0,10
Equidad (E)			0,98

Fuente: CESEL, Elaboración propia

En EF-14, se observa índices de diversidad como la abundancia y riqueza que representa 62 individuos agrupados en 4 especies en el punto de evaluación. Presenta una diversidad baja con 1,21 bits/ind, resultando un bajo índice de pastos naturales debido a que esa zona presenta escasa vegetación correspondiente a la formación de césped de puna- pedregal.



**Cuadro Nº 4.3.3-20**  
**Estación de monitoreo EF-15**

<b>Zona de vida</b>	Páramo muy húmedo – sub. Alpino Subtropical		
<b>Formación Vegetal</b>	Tierras con praderas naturales – Césped de puna		
<b>Coordenadas</b>	Norte 8 360 078, Este 232 877		
<b>Zona de estudio</b>	Sobre el río Apurímac, aguas abajo de la confluencia de la quebrada Qqero		
<b>Codigo</b>	EF-15		
<b>Transecto</b>	1		
<b>Altitud</b>	4 419 msnm		
<b>ANÁLISIS DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA</b>			
<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Individuos/m</b>
Poaceae	<i>Poa sp.</i>	-	20
	<i>Festuca sp</i>	-	18
	<i>Stipa obtusa</i>	ichu	15
	<i>Stipa brachyphylla</i>	-	15
	<i>Plantago rigida</i>	llantén	20
	<i>Calamagrostis sp.</i>	-	10
Abundancia (N)			98
Riqueza (S)			6
Shannon (H)			1.76
Simpson (DSp)			0.16
Equidad (E )			0.98

**Fuente:** CESEL, Elaboración propia

En EF-15, se observa índices de diversidad como la abundancia y riqueza que representa 93 individuos agrupados en 5 especies en el punto de evaluación. Presenta una diversidad baja con 0,2 bits/ind, resultando un bajo índice de pastos naturales debido a que el área topográfica presentaba zonas con pendientes.

En el área de evaluación se observó la presencia de césped de puna dominante en la zona de estudio.

También se observó la presencia de un paisaje de cadenas de peñascos y roquedales.



## **E. Evaluación de Zonas Ecológicas**

Durante la segunda campaña se ha considerado evaluar zonas relevantes para el área de estudio. Se ha identificado áreas donde predominan especies invasoras y predominantes que ocupan comunidades vegetales encontrándose en forma dispersa, ubicados en puntos críticos del área de influencia del estudio. (Ver Plano N° CLS-096200-1-AM-18 )

Las zonas ecológicas que han sido consideradas relevantes para el estudio son:

- Zona del río Salado.
- Zona de la Confluencia del río Apurímac y Salado.
- Zona de la Presa.
- Zona del 3 cañones.

Se han recolectado muestras botánicas de especies que no se han podido identificar in situ. La especies vegetales como “jallu” (*Gallium corybosum*), “romerotaya” (*Diplstephium meyenii*), “tola” (*Baccharis incarum*), “salvia” (*Lepechinia meyenii*) y “canlli” (*Tetraglochin cristatum*). Estas muestras han sido extraídas de las diferentes zonas que se han mencionado en líneas anteriores, asimismo, han sido llevadas al Consultor Botánico Hamilton Beltrán. (Ver Anexo N°4.3.3.b Resultados - Certificación Botánica).

**“Estudio de Impacto Ambiental de la Represa de Angostura y Gestión Ambiental a Nivel Definitivo”**  
**Autoridad Nacional del Agua “ANA”**

**Cuadro N° 4.3.3-21**  
**Zona de evaluación ecológica**

Área	Zona	Coordenadas		Altitud (msnm)	Uso de la zona/hábitat	Vegetación predominante	Especies cultivables	Especies nativas
		N	E					
Zona de truchas	Zona de afluente del río Cañihua - Salado	8 366 024	243 267	3 885	Pastizal Ganadera	Césped de Puna	trébol blanco, trébol rojo, papa, alfalfa	pastos ( <i>Distichia muscoides</i> ), “yareta” ( <i>Azorella diapiensoides</i> )
	Confluencia del río Apurímac y Salado	8 372 928	236 729	3 8856	Pastizal Ganadera	Césped de Puna, Roquedal y Vegetación saxicola	-	Laminaceas ( <i>Verbena sp</i> ; <i>Lepechinia meyenii</i> ) y Poáceas ( <i>Stipa sp</i> ), Asteraceas ( <i>Baccharis sp</i> ), Rubiaceas ( <i>Gallium corybosum</i> )
Zona del nivel del embalse - presa	Pampas de Pusa Pusa	8 320 009	214 914	4 229	Bofedal, Ganadera	Césped de Puna, Pastizal	-	pastos ( <i>Distichia muscoides</i> ), pastos mejorados.
Túnel de la Presa	Andamayo	8 318 596	223 702	4 250	Pastizal Ganadera	Césped de Puna, Roquedal	-	“romerotaya” ( <i>Diplostephium meyenii</i> )
Zona de tolares	Caylloma	8 320 066	215 373	4 269	Tolar y matorral mixto	Tolar	-	tola ( <i>Parastrephia quadrangularis</i> ; <i>Parastrephia lepidophylla</i> y <i>Baccharis incarum</i> )
Zona de quinales	3 cañones	8 349 467	224 448	3 974	Vegetación ribereña	Quinual	-	quinual ( <i>Polylepis incana</i> ), colle ( <i>Buddleja coriacea</i> )
	Bocatoma	8 348 019	223 157	3 977	Vegetación ribereña	Quinual	-	quinual ( <i>Polylepis incana</i> ), colle ( <i>Buddleja coriacea</i> )
	Márgenes del río Apurímac	8 348 081	223 114	3 990	Vegetación ribereña, Roquedal	Quinual	-	quinual ( <i>Polylepis incana</i> ), colle ( <i>Buddleja coriacea</i> )
	Trocha a Sucuitambo	8 347 702	222 965	3 928	Roquedal	Quinual		quinual ( <i>Polylepis incana</i> )
	Trocha a Sucuitambo	8 342 243	218 670	4 063	Roquedal	Quinual		quinual ( <i>Polylepis incana</i> )

Fuente: CESEL, Elaboración propia

#### 4.3.4 Fauna

La fauna silvestre de la zona del estudio es variada a pesar de las condiciones climáticas adversas, como la alta irradiación solar durante la mayor parte del día, gran variación de temperatura entre el día y la noche, temperaturas medias bajas, fuertes vientos provenientes de los nevados los cuales hacen descender la temperatura aún más, a lo que se suma la escasa cobertura vegetal de gran porte, esto ha obligado a las especies a poseer adaptaciones fisiológicas y de comportamiento para poder habitar tan inhóspitos lugares.

La evaluación de la fauna tiene como objetivo, determinar la composición taxonómica, abundancia relativa, distribución y estado de conservación de las especies presentes, a fin de identificar posibles impactos de la construcción y operación de las obras de afianzamiento hídrico, sobre las poblaciones residentes y/o migratorias. Es así que en el área de influencia existen animales vertebrados e invertebrados.

##### A. Estaciones de muestreo

La evaluación de la fauna se realizó en las estaciones detalladas en el Cuadro N° 4.3.4-1 (Ver plano CSL-096200-1-AM-22 1/3). Para la selección de las estaciones de monitoreo de aves se utilizó el criterio de presencia de las diversas formaciones vegetales.

**Cuadro N° 4.3.4-1**  
**Estaciones de evaluación del registro de fauna**

Código	Referencia de Ubicación	Ubicación (UTM)	
		N	E
Efa – 01	Zona de explotación de materiales de agregados (Canteras)	8 318 835	218 063
Efa – 02	Área de depósito de materiales excedentes	8 320 301	217 535
Efa – 03	Área frente a la construcción del Túnel de derivación Angostura-Colca	8 318 777	223 263
Efa – 04	Río Chalhuanca, a la altura de la salida del túnel de Derivación Angostura – Colca	8 319 419	231 563
Efa – 05	Aguas arriba del Río Colca, antes del cruce con el Río Chalhuanca	8 311 800	238 338
Efa – 06	Sobre el Río Colca, aguas debajo de la confluencia con el Río Chalhuanca	8 306 869	235 638
Efa – 07	Aguas arriba de la Presa Angostura, sobre el Río Apurímac	8 320 979	216 499
Efa – 08	Aguas arriba de la Presa Angostura, sobre el Río Hornillos	8 319 703	217 096
Efa – 09	Aguas abajo de la Presa Angostura sobre el Río Apurímac	8 321 769	217 303
Efa – 10	Sobre el Río Apurímac, antes de la confluencia con el Río Salado	8 371 399	234 351

*Fuente: CESEL, Elaboración propia*

## **B. Metodología empleada en Trabajos de Campo:**

La metodología para el muestreo de Fauna silvestre es variada y específica para cada tipo de componente. De manera que se ha seguido bajo criterios de una Evaluación Ecológica Rápida (EER) que consiste en analizar, adquirir y manejar la información ecológica de una manera eficiente y eficaz. Se presenta a continuación los equipos y materiales que se aplico en las metodologías de Fauna Silvestre que se detallan más adelante:

## **C. Equipos y Materiales**

Los materiales y equipos empleados para la se menciona a continuación:

### **Equipos y Materiales**

#### *Equipo cartográfico*

- Imágenes satelitales del área de estudio.
- Imágenes del satélite Landsat recientes (2 009 y 2 005).
  
- Mapas cartográficos
- Mapa Ecológico del departamento de Cusco y Arequipa de la base de datos del INRENA (INRENA, 2 000).
- Clasificación de Tierras del Perú del departamento de Cusco y Arequipa de la base de datos del INRENA, memoria y mapa a escala 1:600 000, del año 2 000.
  
- Mapas topográficos.
- Plano del área de influencia social N° CLS-096200-1GN-1.
- Mapas topográficos o cartas nacionales levantados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), a escala 1:100 000 del año 1 985 y actualizados recientemente
  
- Foto N°grafías de la zona.

#### *Equipo de campo*

- GPS.
- Cámara Foto N°gráfica, Marca Cannon, Zoom óptico 1 0x.
- Binoculares, Marca Nikon, 10x42.
- Altimetro.
- Brújula.

#### *Materiales*

- Bolsas plásticas (10)
- 10 cajas de cartón (si se encontrara excrementos).
- Estuche de disección (recojo de huellas).

#### *Guías y/o claves de identificación*

- Birds of Peru. Field Guide of Princeton.
- Birds of Machupicchu and Cusco region.
- Field Guide Emmons of Mammals Neotropics.
- Anfibios de la Sierra Central del Perú.

## **D. Muestreo de Aves y Mamíferos**

### **d.1 Muestreo de Aves**

Los criterios a considerar para monitorear son:

A lo largo de cursos de agua:

Se realizó el monitoreo por transectos de 100 metros cada uno. Se registró a las aves por conteo directo y/o estimando la presencia de aves en grupos.

En el Espejo de Aguas de las quebradas y río:

Para el conteo de aves se empleó binoculares y se realizó el conteo mediante la percepción de su canto y/o estimación de aves, así como contando aves que nos cruzan en sentido contrario.

#### Indicadores

- Cantidades de aves registradas según conteo en determinadas zonas.
- Presencia de aves migrantes y/o residentes
- Presencia de nidos

La metodología de monitoreo de aves que se utilizó fue la siguiente:

#### Transectos lineales terrestres

Se utilizó el método de transectos lineales, que consiste en que el observador recorre una ruta fija, a una velocidad estandarizada (cada transecto consta de 100 metros), se cuenta las aves que pasan por adelante del observador; identifica y registra las especies de aves vistas u oídas en ambos lados de la ruta terrestre o borde del río (100 m a cada flanco) evitando el conteo cuando las condiciones climáticas reducen la detección de los individuos y es aplicable para contar grupos de aves que no se encuentran en poblaciones grandes ni amontonadas.

#### Transectos desde orillas

En este método se determina un transecto desde el cual se contará individuos y se realizará desde la orilla del río con un máximo de 50 metros de orilla; pero esto depende de la distancia a la que se encuentren las aves, una mayor visibilidad, la cantidad de neblina o nubosidad y espejos de agua circundantes.

Los individuos son contados sumando los que se van dejando atrás y se resta los individuos que regresan y pasan delante de nosotros.

Se anota además datos del clima, todo en la libreta de campo.

- **Patrones de Diversidad**

**Diversidad de Shannon – Winner (H') (Krebs 1 998, Magurran 1 991).**

La diversidad de especies es un atributo de las comunidades, que es medido por la heterogeneidad y la uniformidad de éstas, Peet (1 974). La diversidad se compone de dos elementos; el primero es la variación de especies y el segundo es la abundancia relativa de estas, (Krebs 1 998, Magurran 1 991). La diversidad puede medirse registrando el número de especies, describiendo su abundancia relativa o usando una medida que combine los dos componentes.

El índice de Shannon – Wiener o Índice de diversidad de Shannon, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$H = - \sum_i^s (p_i) (\log_2 p_i)$$

Donde

H= índice de diversidad de especies

s= número de especies

p<sub>i</sub>= proporción del total de la muestra perteneciente a la especie i'.

Escala de Interpretación utilizada:

De 0 a 1 bits/ind (diversidad escasa),

1 a 2 bits/ind (diversidad media) y

de 2 a más bits/ind (diversidad alta).

**Equidad de Pielou**

Este concepto fue propuesto por Lloyd y Ghilardi (1 964), y es simplemente qué tan abundantes son las especies en la comunidad. Una uniformidad alta, la cual ocurre cuando las especies son iguales o teóricamente iguales en abundancia, corresponde a una diversidad alta, Krebs (1 999).

Para determinar qué tan similares son las abundancias de las diferentes especies, se utilizó el índice de Equidad de Pielou.

La equidad se calcula de:

**e = H / H Max.**

Donde:

H Max.= log<sub>2</sub> (S)

S = número de especies

Varía: 0 (una sola especie)

1 (todas las especies tienen el mismo número de individuos).

Para la evaluación de Composición de Aves en el área de influencia del proyecto se ha determinado un número de Zonas de Evaluación (ZE). Se utilizó para el muestreo el método de transecto de banda definida (50 metros por lado)<sup>1</sup>, cada transecto tiene longitud variable. La identificación de especies se realizó con la ayuda de la guía de aves del Perú de Clements & Shany (2001)<sup>2</sup> y la guía de cantos de aves de bosques de Schulenberg (2001)<sup>3</sup>, Los transectos fueron recorridos en la mañana (8:00 – 10:00) y en la tarde (16:00-18:00) con ayuda de un poblador local, conocedor de las rutas y diversidad biológica de la zona.

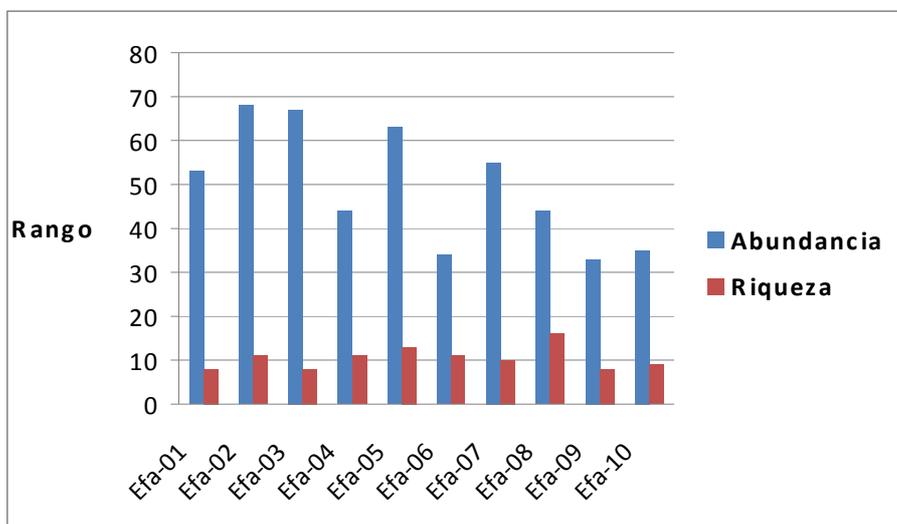
Las aves son buenos indicadores de la diversidad biológica en su conjunto<sup>4</sup>, además se ha demostrado que su presencia se correlaciona con otros grupos taxonómicos en varios estudios de biodiversidad y conservación<sup>5</sup>.

Los avistamientos incluyeron observaciones directas de los individuos, complementado con el reconocimiento por vocalizaciones y observaciones indirectas a través del registro de rastros (nidos, heces, plumas, etc.).

### *Resultados*

El monitoreo de aves se encuentra registrado en las diferentes formaciones vegetales en las estaciones de monitoreo mencionado en el Cuadro 4.3.4-1. Asimismo, se adjunta en Anexo N° 4.3.3.a Formatos SIA – Fauna.

**Grafico N° 4.3.4-1**  
**Índices de abundancia y riqueza en las estaciones de monitoreo.**



<sup>1</sup> Ralph, C.J., Geupel G.R., Pyle, P., Martin, T.E., De Sante,

D.F., Milá, B. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Albany, CA. Pacific Southwest Research Station. Forest Service, U.S. Department of Agriculture. 44 p.

<sup>2</sup> Clements, J. & N. Shanny 2001. A Field Guide to the Birds of Peru. Ibis Publishing Company. USA. 283 p.

<sup>3</sup> Schulenberg, T. 2000. Voices of Andean Birds Vol 1 y 2 Library of Natural Sounds Cornell Laboratory of Ornithology. USA

<sup>4</sup> González, O. 2000. Las poblaciones de aves como indicadores de cambios en el ambiente. Xylema (Revista de los estudiantes de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina) 16:5-6

Balmford, Andrew. Selecting Sites for Conservation. En: Norris, K. & D.J. Pain 2005. Conserving Bird Biodiversity. Cambridge University Press.

En el gráfico N° 4.3.4-1 se observa la variabilidad de abundancia y riqueza de especies en los 12 puntos de monitoreo.

En la estación de monitoreo Efa-02, se muestra el índice de abundancia con 15 especies agrupados en 68 individuos, representando la mayor abundancia y riqueza.

En la estación de monitoreo Efa-05, se muestra el índice de riqueza con 63 individuos agrupados en 13 especies.

En la estación de monitoreo Efa-03, se muestra el índice de riqueza con 60 individuos agrupados en 10 especies.

En las estaciones de monitoreos Efa-4, Efa-05, Efa-06, Efa-07, Efa-08, Efa-09 y Efa-10. Se indican una riqueza y abundancia que mantiene un promedio de 50 individuos agrupados en 11 especies.

**Cuadro N° 4.3.4-2**  
**Índices de diversidad en las estaciones de monitoreo**

Índices de diversidad	Estaciones de monitoreo									
	Efa-01	Efa-02	Efa-03	Efa-04	Efa-05	Efa-06	Efa-07	Efa-08	Efa-09	Efa-10
<b>Abundancia (N)</b>	53	68	60	44	63	34	55	44	33	35
<b>Riqueza (S)</b>	10	15	10	11	13	11	10	10	8	13
<b>Shannon (H)</b>	1.88	2.51	2.01	2.04	2.39	1.90	2.01	1.95	1.92	1.94
<b>Equidad (E)</b>	0.90	0.99	0.97	0.96	0.93	2.83	0.93	0.96	2.00	0.88
<b>Margalef (DMg)</b>	1.76	2.63	1.66	2.64	2.89	0.86	2.70	3.69	0.92	2.25

Fuente: CESEL, Elaboración propia

En la estación de monitoreo Efa-02, se observa una diversidad alta de 2.51 bits/ind resultando una mayor abundancia y riqueza de presencia de aves en la zona de monitoreo, asimismo se menciona que la zona presenta mayor cobertura vegetal por ser una formación vegetal Bofedal.

En la estación de monitoreo Efa-05, se observa una diversidad alta de 2.39 bits/ind resultando una mayor abundancia y riqueza de presencia de aves en la zona de monitoreo, asimismo se menciona que la zona de vegetación es Césped de puna.

En la estación de monitoreo Efa-03, se observa una diversidad 2.01 bits/ind, resultando una mediana población de aves en la zona. Asimismo, la estación de monitoreo se ubica en una zona con vegetación ribereña próxima al río Colca.

La diversidad de aves identificada en 10 las estaciones de monitoreo, nos aproxima a una estimación de una alta concurrencia poblacional de aves en las zonas de bofedales y pastizales (césped de puna). Por otro lado, no se ha registrado presencia de zonas de anidamiento, y/o migración de especies. Se presenta los esfuerzos de muestreo en el Anexo N° 4.3.3.d – Esfuerzo de Muestreo.

Se presenta a continuación la lista de avifauna identificada y registrada en el área de influencia del estudio.

**Cuadro N° 4.3.4-3**

**Lista de Especies de Aves registradas en el área de estudio**

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre Común</b>
Furnariidae	<i>Asthenes pudibunda</i>	Canastero
	<i>Asthenes modesta</i>	Canastero cordillerano
	<i>Cinclodes fuscus</i>	Yacu alcalde
	<i>Geositta sp.</i>	Pampero andino
Charadriidae	<i>Vanellus resplendes</i>	Lique lique
	<i>Phegornis mitchelli</i>	Chorlito de diadema
Threskiornithidae	<i>Plegadys ridgwayi</i>	Yanavico
Emberizidae	<i>Phrygilus plebejus</i>	Checjeto
	<i>Phrygillus punensis</i>	Tcholote
	<i>Sicalis olivascens</i>	Botón de oro
Accipitridae	<i>Buteo polyosoma</i>	Aguilucho
Fringillidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Pichinco
Motacillidae	<i>Anthus correndera</i>	Cachirla meridional
Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina migratoria
Falconidae	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	China linda
	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo
Tinamidae	<i>Nothoprocta ornata</i>	Perdiz
Columbidae	<i>Metropelia ceciliae</i>	Tortolita
	<i>Metropelia aymara</i>	Paloma serrana
	<i>Columbina cruziana</i>	Coato
	<i>Patagioenas (Columba) maculosa</i>	Torcaza
Picidae	<i>Colaptes rupicola</i>	Kajachu
Phoenicopteridae	<i>Phoenicopterus chilensis</i>	Parihuana
Threskiornithidae	<i>Plegadis ridgwayi</i>	Puna ibis
Anatidae	<i>Anas specularioides</i>	Pato real
	<i>Anas puna</i>	Pato puna
	<i>Anas flavirostris</i>	chiptapato
	<i>Chloephaga melanoptera</i>	Huallata
Rallidae	<i>Pandirallus sanguinolentus</i>	Mototo
Aratingidae	<i>Bolborhynchus aurifrons</i>	Chalchaca
Thraupidae	<i>Thraupis bonariensis</i>	Chejuayto

Fuente: CESEL, Elaboración propia

**d.2 Muestreo de Mamíferos**

Para la evaluación de Composición de Mamíferos silvestres en el área de influencia del proyecto se ha determinado un número determinado de Zonas de Evaluación (ZE), el cual

está basado en el tipo de cobertura vegetal, así como las características fisiográficas. En cada ZE se realizó observaciones directas con ayuda de binoculares.

### **Mamíferos menores**

Se empleó puntos panorámicos sobre peñascos y roquedales para observar especies a grandes distancias (vizcachas/ roedores).

Para la evaluación de mamíferos, se utilizó métodos directos (observación) e indirectos (búsqueda de evidencias de presencia: huellas, huesos, heces, entrevistas, etc.).

En cada una de las localidades visitadas se realizó observaciones directas e indirectas huellas y fecas. A manera de complementar la información obtenida, se realizó entrevistas a los pobladores de las áreas evaluadas. Para este tipo de datos, sólo se consideró como validos cuando la descripción del animal por parte de los pobladores no dejó ninguna duda al investigador, discutimos con los pobladores locales sobre la distribución y el estatus de la fauna, utilizando Foto N°grafías e ilustraciones .

En cada transecto de muestreo se registró la presencia de mamíferos menores y mayores. La evaluación de los mamíferos menores terrestres (vizcacha y roedores) se realizó empleando métodos de muestreo o captura estándar. La metodología varía en función de las especies (Voss y Emmons, 1 996).

### **Resultados**

Se realizo el muestreo de mamíferos menores terrestres como “vizcachas” (*Lagedium peruavianus*) y “ratón orejudo” (*Phyllotis sp.*).

**Cuadro N° 4.3.4-3**  
**Ubicación de los Puntos de Muestreo de Mamíferos Menores**

Puntos de muestreo	Zona	Area	Coordenadas		Altitud
			N	E	
Emtv-01	Bocatoma	3 cañones Espinar	8 349 467	224 448	3 974
Emtv-02	Pozas septicas	Suicuitambo	8 339 538	216 281	4 057
Emtv-03	Dique	Angostura	8 320 561	216 758	4 222
Emtv-04	Embalse - pampas pusa pusa y hornillos	Margen izquierdo de la cuenca de Apurimac	8 320 0009	214 495	4 229

*Fuente: CESEL, Elaboración propia*

La selección de puntos de muestreo de vizcacha ha sido elaborado en base a la presencia de zonas relevantes en el área de influencia del estudio. De manera que, se realizó el

monitoreo en las diferentes formaciones vegetales del area de estudio. (Ver Plano N° CLS-096200-1-AM-22 3/3).

**Cuadro N° 4.3.4-4**  
**Evaluación de los Puntos de muestreo de vizcachas en la temporada húmeda**

Puntos de muestreo	Zona	Area	Coordenadas		Abundancia (N)	Temporada Humeda
			N	E		
Emtv-01	Bocatoma	3 cañones Espinar	8 349 467	224 448	3	11/12/2009
Emtv-02	Pozas septicas	Suicuitambo	8 339 538	216 281	2	12/12/2009
Emtv-03	Dique	Angostura	8 320 561	216 758	3	13/12/2009
Emtv-04	Embalse - pampas pusa y hornillos	Margen izquierdo de la cuenca de Apurimac	8 320 009	214 495	3	14/12/2009

*Fuente: CESEL, Elaboración propia*

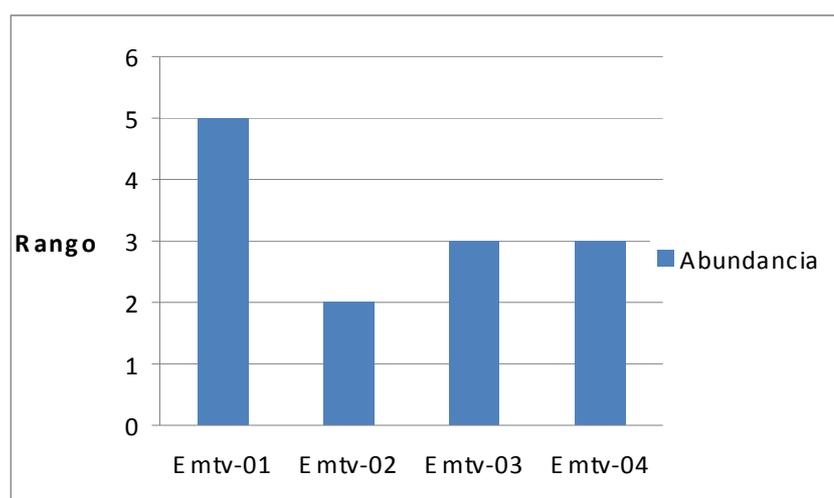
*Temporada Húmeda : Monitoreo realizado durante los días 11-14/2009*

*(\*) vizcacha (*Lagedium peruvianus*)*

En el cuadro N° 4.3.4-4 se observa la presencia de vizcachas con una relativa concurrencia poblacional en el área de estudio. Se ha registrado mayor cantidad en las zonas de formación vegetal de roquedales y césped de puna.

En las estaciones de monitoreo Emtv-01, Emtv-03 y Emtv-04 se registro 3 individuos en las zonas de Roquedal y Césped de Puna.

**Gráfico N° 4.3.4-2**  
**Índice de abundancia de vizcachas en las estaciones de monitoreo**



*Fuente: CESEL, Elaboración propia*

En el grafico N° 4.3.4-2- se observa la variable abundancia en las estaciones de monitoreo en el área de estudio.

En la estación de monitoreo Emtv-01 presento la mayor abundancia con 5 números de individuos.

**Cuadro N° 4.3.4-5**  
**Ubicación y evaluación de los Puntos de muestreo de ratón orejado en la temporada húmeda**

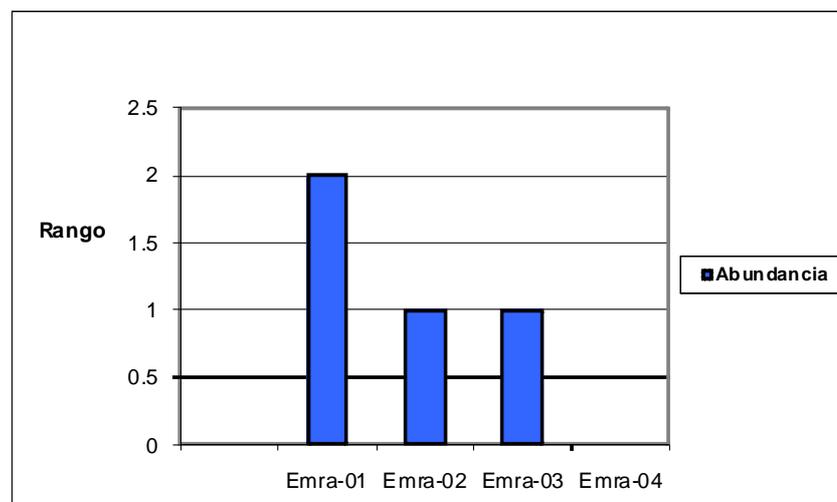
Puntos de muestreo	Zona	Altitud	Formacion Vegetal	Abundancia	Temporada Seca
Emra-01	Bocatoma	3 974	Roquedal y matorral mixto	2	11/12/2009
Emra-02	Pozas septicas	4 057	Cesped de puna / Roquedal	1	12/12/2009
Emra-03	Dique	4 222	Roquedal y cesped de puna	1	13/12/2009
Emra-04	Embalse - pampas pusa pusa v	4 229	Cesped de puna	0	14/12/2009

*Fuente: CESEL, Elaboración propia*

*Temporada Seca: Monitoreo realizado durante los días 11-14/12/2009*

En el cuadro N°4.3.4-5 se observa la abundancia de 4 individuos en los 3 estaciones de monitoreo. En la estación Emra-01 se observa 2 individuos registrados, seguido de las estaciones de monitoreo Emra-2, Emra-3 presentan 1 individuo. (Ver Plano N° CLS-096200-1-AM-22 3/3).

**Gráfico N° 4.3.4-3**  
**Índice de abundancia del “ratón orejado” (*Phyllotis sp.*) en las estaciones de monitoreo**



En el Grafico N° 4.3.4-3- se representa en la estación Emra-01 la mayor abundancia con 2 ejemplares.

En el Cuadro N° 4.3.4-6 se presenta la lista de mamíferos menores terrestres

**Cuadro N° 4.3.4-6**  
**Lista identificada de mamíferos menores terrestres.**

<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Condición</b>
Chichillidae	<i>Lagedium peruvianus</i>	Vizcacha	-
Muridae	<i>Mus musculus</i>	*Ratón	-
Muridae	<i>Phyllotis sp.</i>	Ratón orejado	(V)

*Fuente: CESEL, Elaboración propia*

*\* Según las encuestas realizadas a los comuneros de la zona en estudio.*

Se evidencio la presencia de vizcacha mediante el registro visual identificándose mayormente en las zonas de roquedales (zona de los 3 cañones). Por otro lado, la presencia del ratón orejado se registro en la zona de Espinar y Caylloma.

### **Mamíferos mayores**

La evaluación de mamíferos de mayor tamaño se realizó mediante entrevistas y métodos de observación. Se entrevistó a pobladores o trabajadores locales, preferentemente aquellos que han residido en el área por largo tiempo y quienes viajan frecuentemente dentro del área de estudio.

La información obtenida en cada entrevista se registró en forma de notas de campo siguiendo un modelo de encuesta. También se evaluó especies antrópicos (ganados) de la zona de estudio.

### *Resultados*

En el cuadro N° 4.3.4-3 se presenta la lista de especies domesticas identificadas en el área de estudio

**Cuadro N° 4.3.4-7**  
**Lista de Especies domesticas registradas en el área de estudio**

<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>
Equidae	<i>Equus asinus</i>	Burro
Equidae	<i>Equus caballus</i>	Caballo
Bovidae	<i>Bos taurus</i>	Vaca
Bovidae	<i>Ovis aries</i>	Oveja

<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>
Canidae	<i>Ducysion culpaeus</i>	*Zorro
Cervidae	<i>Hippocamelus antisensio</i>	*taruca

Fuente: CESEL, Elaboración propia

En el cuadro N° 4.3.4-7 se observa la presencia de ganados vacuno, ovino, equino siendo principalmente las especies domesticas que predominan la zona de estudio. El sobrepastoreo esta influenciado por el ganado vacuno.



**Foto N°4.3.4-1 Ganado vacuno en el río Apurímac pr óximo al área de ubicación de la proyectada presa Angostura.**

#### ➤ **Muestreo de Reptiles y Anfibios**

##### **Anfibios**

Los anfibios (ranas, salamandras y cecilias) aunque distribuidos en todo el mundo, presentan una mayor diversidad en los trópicos. Los miembros de estos grupos son inusualmente sensibles a las condiciones ambientales y generalmente están estrechamente ligados a un hábitat particular, los que los hace más vulnerables que otros grupos de vertebrados a los cambios en el hábitat. El aumento en las amenazas a la biodiversidad causadas por los seres humanos en general, tiene un marcado impacto negativo sobre los anfibios.

##### **Muestreo de encuentros visuales**

Las mediciones de encuentros visuales (DVE) abarcan la búsqueda sistemática y constante de la zona de estudio, que debe tener una longitud (transecto de 100m) y ancho (2m a ambos lados) estándar, y deben tomar un tiempo fijo utilizando una cantidad fija de dispositivos de registro (es decir, un esfuerzo de búsqueda fijo se compone de la zona cubierta, el tiempo de búsqueda y la cantidad de dispositivos de registro). El método es

bueno para muestrear la riqueza y abundancia relativa de las especies, pero no la densidad (a menos que se combine con marcación-liberación-recaptura).

Cuando se trata de anuros adultos, se recomienda la realización de una búsqueda con un marco temporal limitado a lo largo de transectos que estén permanentemente marcadas con banderines o tubos de PVC, que permitan la réplica del muestreo en el futuro.

Las transectos terrestres son eficaces para anuros terrestres y arbóreos en bosques maduros y a lo largo de cursos de agua en zonas del Neotrópico. Se prefieren los DVE en lugar de los inventarios auditivos porque brindan información sobre los individuos que no están en la estación de apareamiento o vocalización.

La mejor distancia para toparse visualmente con los anuros es de aproximadamente uno a tres metros a cada lado del sendero, según la densidad de la vegetación. Una vez situada, generalmente se necesita capturar el espécimen, ya que se debe identificar la especie, el sexo y la edad de la presa. Se debe medir la longitud y peso de cada individuo y se debe registrar la información básica sobre su actividad y características de la sección donde se encontró. Se debe registrar la hora de captura y lugar de cada animal en relación con la marca del transecto más cercano. El animal debe ser manipulado lo menos posible y debe ser liberado en el mismo lugar en el que fue capturado.

#### *Resultados*

Los resultados del muestreo de anfibios consisto en la búsqueda de individuos en las variedades formaciones vegetales. (Ver Anexo N°4.3 .3.a Formatos SIA (ANF).)

Se presenta la identificación y ubicación de la especie de anfibio registrado en las estaciones de monitoreo.

**Cuadro N°4.3.4-8**  
**Ubicación e identificación de los puntos de muestreo de anfibios**

Puntos de Muestreo	Zona	Coordenadas		Formación Vegetal	Altitud
		N	E		
Eanf-01	Sobre el río Apurímac aguas abajo de la confluencia con la quebrada Cerrilumbo	8 342432	219 798	Roquedal y cespced de Puna	3 971
Eanf-02	Sobre el río Apurímac , aguas abajo de la confluencia con la quebrada Cerrilumbo	8 346 824	222 205	Roquedal y césped de Puna	4 031
Eanf-03	Sobre el río Apurímac , aguas abajo de la confluencia con la quebrada Cerrilumbo	8 350 524	228 873	Roquedal y césped de Puna	4057

Puntos de Muestreo	Zona	Coordenadas		Formación Vegetal	Altitud
		N	E		
Eanf-04	Sobre el río Apurímac , aguas abajo de la confluencia con la quebrada Cerrilumbo	8 360 078	232 877	Roquedal y césped de Puna	4222
Eanf-05	Río Santiago	8 314 580	197 219	césped de puna	4 309

Fuente: CESEL, Elaboración propia

En el cuadro N° 4.3.4-8, se muestra la ubicación e identificación de las estaciones de monitoreo del “sapo común” (*Bufo spinulosus*). (Ver Plano N° CLS-096200-1-AM-22 2/3).

**Cuadro N° 4.3.4-9**  
**Evaluación de los Puntos de muestreo de sapo común (*Bufo spinulosus*) en la temporada húmeda**

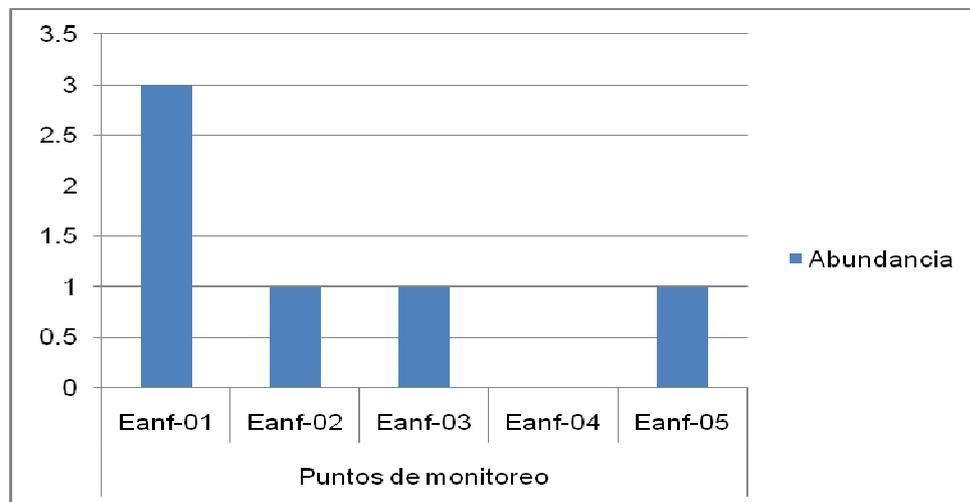
Puntos de Muestreo	Zona	Abundancia (N)	Temporada	Fecha de ingreso a los 4 ptos. Monitoreo
			Avenida	11-14/02/2009
Eanf-01	Sobre el río Apurímac , aguas abajo de la confluencia con la quebrada Cerrilumbo	3	Avenida	11-14/02/2009
Eanf-02	Sobre el río Apurímac , aguas abajo de la confluencia con la quebrada Cerrilumbo	1	Avenida	11-14/02/2009
Eanf-03	Sobre el río Apurímac , aguas abajo de la confluencia con la quebrada Cerrilumbo	1	Avenida	11-14/02/2009
Eanf-04	Sobre el río Apurímac , aguas abajo de la confluencia con la quebrada Cerrilumbo	-	Avenida	11-14/02/2009
Eanf-05	Río Santiago	1	Avenida	11-14/02/2009

Fuente: CESEL, Elaboración propia

En el cuadro N°4.3.4-9 se observa un número bajo de población de *Bufo* a lo largo de las estaciones de monitoreo, teniendo la abundancia total de Bufo de 6 individuos en las 5 estaciones de monitoreo.

En la estación de monitoreo Eanf-01 se muestra una abundancia con 6 números de individuos.

**Gráfico N° 4.3.4-4**  
**Índice de abundancia del “sapo común” (*Bufo spinulosus*) en las estaciones de monitoreo**



En el gráfico N° 4.3.4-4, se muestra la mayor abundancia de Bufo en las 5 estaciones de monitoreo EAnf-01. (Ver Anexo N° 4.3.3.d Esfuerzo de Muestreo).

## Reptiles

### Metodología de muestreo

Para la evaluación de reptiles se utilizaron dos metodologías a lo largo de todos los trabajos de campo, las cuales consisten en el “Muestreo cuantitativo a corto plazo” (por el tiempo limitado) y de “Encuentro Visual” (Heyer et al. 1994).

La primera técnica consistió en la identificación de los hábitats (unidades de vegetación) dentro de la zona de estudio y en función del tiempo se señalaron los posibles puntos de muestreo en un plano. Se ubicó el transecto anotando las coordenadas, altitud y hora. Luego se avanzó hacia el otro extremo buscando en todos los microhábitats (bajo piedras, en las plantas, dentro del agua, etc.), registrando las especies halladas. Al finalizar se registra también las coordenadas, altitud y hora del otro extremo del transecto.

También se utilizó la segunda técnica que se refiere a la búsqueda oportunista de especímenes sin cuantificar el área de búsqueda, se va realizando en los alrededores de los transectos y durante el desplazamiento hacia los puntos de muestreo.

En base a lo anterior, en el campo se establecieron transectos de muestreo de 50 m de largo por 4 m de ancho y ocasionalmente parcelas de 15 x 15 m, la mayoría de los puntos de muestreo fueron evaluados durante el día (entre las 6:00 pm. – 8:00 pm.).

*Resultados*

No se registraron reptiles.

#### **4.3.5 Especies Protegidas**

La flora identificada en el área de estudio ha sido comparada con la normativa nacional sobre Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre D.S. N° 043-2006-AG del 13 de Julio de 2006 e igualmente con respecto a las especies de fauna reportadas en el área con la lista oficial de flora amenazada y en peligro, del Ministerio de Agricultura, contenida en el Decreto Supremo N° 043-2006-AG.

Se presenta a continuación la lista de especies protegidas para el área del Proyecto.

**Cuadro N° 4.3.5-1**  
**Listado de especies registradas con algún grado de amenaza de acuerdo al**  
**D.S. N° 043-2006 AG**

<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Condición</b>
Rosaceae	<i>Polylepis incana</i>	(EN)
	<i>Polylepis tormentella</i>	(EN)
Buddlejaceae	<i>Buddleja coriacea</i>	(EN)
Asteraceae	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	(VU)
	<i>Parastrephia quadrangularis</i>	(VU)
Grossulariaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	(VU)

*Fuente: CESEL, Elaboración propia*

El Cuadro destaca la presencia de *Polylepis incana*, *Polylepis tormentella* las cuales se encuentran dentro del área de influencia directa del proyecto, específicamente en el sector de los 3 cañones, ubicado en los márgenes del río Apurímac, en el cual se establecerán medidas especiales para su protección en el Plan de Manejo Ambiental.

La especie “colle” (*Buddleja coriacea*) localizada también en los márgenes del río Apurímac en la zona de los 3 cañones, conjuntamente con los queñuales.

La “tola” (*Parastrephia lepidophylla*, *Parastrephia quadrangularis*) se encuentra localizada dentro del área de influencia directa del proyecto como por ejemplo en las inmediaciones de la presa de Angostura del área del proyecto.

La especie “chachacomo” (*Escallonia resinosa*) se encuentra formando densos bosques en el área de estudio. Especie típica de la zona de vida del Paramo muy húmedo subalpino subtropical.

La fauna identificada en el área de estudio ha sido comparada con la normativa nacional sobre Categorización de Especies Amenazadas de Fauna Silvestre D.S. N° 034-2004-AG del 13 de Julio de 2006 e igualmente con respecto a las especies de fauna reportadas en el área con la lista oficial de flora amenazada y en peligro, del Ministerio de Agricultura, contenida en el Decreto Supremo N° 034-2004-AG.

Se presenta a continuación la lista de especies protegidas para el área del Proyecto.

**Cuadro N° 4.3.5-2**  
**Lista de las especies amenazadas de fauna silvestre registradas**

<b>Clase</b>	<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Condición</b>
AVES	Phoenicopteridae	<i>Phoenicopus chilensis</i>	NT
	Falconidae	<i>Falco peregrinus</i>	NT
	Cathartidae	<i>Vultur gryphus</i>	EN
MAMMALIA	Camelidae	<i>Vicugna vicugna</i>	NT
	Cervidae	<i>Hippocamelus antisensis</i>	VU

Fuente: CESEL, Elaboración propia

En el Cuadro N° 4.5.3-2, se observa que las especies de animales registrados, corresponden a la categoría de CASI AMENAZADA (NT). La “parihuana” (*Phoenicopus chilensis*) registrada en los bofedales, asimismo como el “halcón perdiguero” (*Falco peregrinus*). La “vicuña” (*Vicugna vicugna*) silvestre reportada en las zonas de la Presa y bocatoma. No se reporta algún reptil y/o anfibio en situación de amenaza en la evaluación del tramo.

#### **4.3.6 Evaluación Hidrobiológica**

##### **A. Generalidades**

El análisis biológico para la determinación de las condiciones ambientales de los recursos acuáticos del área involucrada del proyecto, comprende la evaluación de los siguientes grupos de organismos: fitoplancton, zooplancton y macroinvertebrados bentónicos.

El área evaluada corresponde a una zona de quebradas y el río Salado. A continuación se indica la metodología de cada componente hidrobiológico.

##### **B. Equipos y Materiales**

Los materiales y equipos empleados en el levantamiento de parcelas se menciona a continuación:

###### *Equipo cartográfico*

- Imágenes satelitales del área de estudio.
- Imágenes del satélite Landsat recientes (2 009 y 2 005).

- Mapas cartográficos
- Mapa Ecológico del departamento de Cusco y Arequipa de la base de datos del INRENA (INRENA, 2 000).
  
- Clasificación de Tierras del Perú del departamento de Cusco y Arequipa de la base de datos del INRENA, memoria y mapa a escala 1:600 000, del año 2 000.
  
- Mapas topográficos.
- Plano del área de influencia social N° CLS-096200-1GN-1.
- Mapas topográficos o cartas nacionales levantados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), a escala 1:100 000 del año 1985 y actualizados recientemente
  
- Foto N°grafías de la zona.

#### *Equipo de campo*

- GPS.
- Cámara Foto N°gráfica, Marca Cannon, Zoom óptico 1 0x.
- Altimetro.
- Brújula.
- Red Malla (Plancton) 50 micras
- Red Surber (macroinvertebrados) 5micras

#### *Materiales*

- Estacas de madera (4).
- Pavilo.
- Wincha 30.
- Libreta de notas
- Lápiz, lapiceros.
- Bolsas de plásticos transparentes
- Estuche de diseccion.
- Envases de plásticos
- Galoneras de 1lt.
- Formol 10%
- Alcohol 70%.
- Cintha de embalaje

### **C. Muestreo de Plancton**

#### **Toma de Muestras**

El plancton, conformado por organismos microscópicos vegetales y animales (fitoplancton y zooplancton respectivamente) que viven suspendidos en la columna de agua, ha sido colectada en la zona de orilla de cada estación de monitoreo, para lo cual se filtrará 40 litros de agua mediante el uso de una red estándar de plancton (malla 50 micras) para obtener las muestras (los organismos microscópicos quedan atrapados en la red). La